



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE PROCESSOS**

**JACINETE PEREIRA LIMA**

**SECAGEM POR LIOFILIZAÇÃO E CONVECÇÃO DO FRUTO DA PUPUNHA**  
*(Bactris gasipaes Kunth)*

**CAMPINA GRANDE - PB**  
**SETEMBRO, 2018**

**JACINETE PEREIRA LIMA**

**SECAGEM POR LIOFILIZAÇÃO E CONVECÇÃO DO FRUTO DA PUPUNHA**  
*(Bactris gasipaes Kunth)*

Tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Doutorado em engenharia de processos.

**ORIENTADORA:**

**Dra. Josivanda Palmeira Gomes**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**SETEMBRO, 2018**

**JACINETE PEREIRA LIMA**

**SECAGEM POR LIOFILIZAÇÃO E CONVECÇÃO DO FRUTO DA PUPUNHA**  
**(*Bactris gasipaes* Kunth)**

Tese de Doutorado em Engenharia de Processos em 06 / 09 / 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profª. Dra. Josivanda Palmeira Gomes – UAEEA/CTRN/UFCG  
Orientadora

---

Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz – UAEEA/CTRN/UFCG  
Examinador Interno

---

Prof. Dr. Rennan Pereira de Gusmão – UAEEALI/CTRN/UFCG  
Examinador Externo

---

Pesquisadora Dra. Inácia dos Santos Moreira – UFCG/PNPD  
Examinador Externo

---

Prof. Dr. Ânóar Abbas El-Aouar – DEA/UFPB  
Examinador Externo

**CAMPINA GRANDE – PB**

**SETEMBRO, 2018**

*Dedico*

*Ao meu Senhor toda força, coragem e amor incondicional.*

*Aos meus pais (Josinete e João) e as minha irmãs Josilene e  
Jocilene!*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me amar sem limites e me instruir a não temer as oportunidades e os desafios, renovando-me dia após dia e ajudando-me a cumprir esse e tantos outros projetos.

A Maria, minha mãe santíssima por todo amor, serenidade e doçura. Toda glória e agradecimento.

À minha família, em especial meu pai e minha mãe por proporcionarem a vida, amor, apoio, zelo, educação, disciplina e orientação incondicionais e as minhas irmãs queridas Lene e Joci por estarem comigo sempre e me por amarem nos meus piores e nos melhores dias e por todas as ligações para saber como eu estava, AMO!

A minha orientadora Josivanda pela oportunidade concedida e confiança. A ela todo meu agradecimento em me fazer vivenciar as nuances da pesquisa e pelos ensinamentos transmitidos.

A Maria Helena, madrinha, segunda mãe, incentivadora. Obrigada por todas as orações, conversas e o colo de mãe.

Aos membros da banca, meus sinceros agradecimentos por todas as contribuições.

A amiga e instrutora na área industrial Luciana Medeiros por tudo que me ensinou e ensina, há sua amizade, carinho, muito obrigada minha querida amiga!

Ao professor Ânoar por acreditar mais em mim quando eu mesma pensei em desistir ao longo desses 14 anos de vida acadêmica, por todos os conselhos e incentivo. Meus agradecimentos por todo carinho, pela honra de ter tido a oportunidade de ouvir os conselhos de um pai de coração!

A Joaci Barbosa por todos os dias lembrar que eu ainda tinha uma trajetória acadêmica para concluir ao longo de 2 anos de atividades industriais.

As queridas Recife Renata Figueiredo por toda paciência e força ao longo dos últimos dois anos, a Priscila, a Michelly (virou pernambucana) Susseane, Silvia, Estefane e Kleithyanne por todo carinho e oração.

As minhas amigas leais da bancada para a vida, Inácia, Deise e Luzia por todas as conversas, risadas, trocas de ideias, companheirismo, amizade de irmãs, muito obrigada! Estendidos a Nalva, Gabi, Dani e Bete e assim construído um grupo lindo “cearenses arretadas”, meus sinceros agradecimentos e torcidas por toda amizade meu muito obrigada pelo carinho e amor!

A Arthur e Rodrigo e toda família oliveira por toda torcida, confiança, pela amizade ao longo desses quatro anos de mudanças e desenvolvimento. Muito obrigada por tudo que

vocês proporcionam e por acreditarem em mim, as palavras jamais serão o suficiente para agradecer.

A minhas amigas conquistadas no mestrado para toda vida a Gerciane pelas conversas diárias (como eu perturbo ela!!) amo de todo coração, obrigada por sua amizade e por fazer parte da sua família! A maga Isabelle por todo eterno carinho de irmã, cafés, sorrisos e abraços... A Lo-Ruama, Luciana e Lucivânia pela amizade que perpassa o tempo e a distância, por todas as mensagens, ligações, conversas, contribuições na tese, sorrisos, vocês estão no meu coração para toda vida. Obrigada meninas!

Aos sorrisos de Maria Catarina, titia ama!!!

A Dilma e Adaluza pelas orações, conversas, amor, carinho pelos atendimentos. Obrigada meus anjos.

A Adriano pela oportunidade de conhecê-lo e por me fazer tão bem, em momentos para se tomar tantas decisões. Obrigada por me fazer esquecer do trabalho, pelas longas conversas e pelos sorrisos garantidos e por todas as mensagens de incentivo e cuidado.

Aos amáveis os fies da minha linda João Pessoa, meu muito obrigado a todos pelo carinho, brincadeiras, pelas mensagens mais inusitadas e aos sorrisos advindos nos momentos mais difíceis. Obrigada Jailto pelas orações e meditações, por seu eterno companheirismo de irmão! A Fernanda pelas conversas e sinceridade nas palavras, e por fazer despertar em muitos momentos, a Fernando pelos abraços, sorrisos, simplicidade nas palavras de carinho, a Flávia pelo carinho, confiança, sorriso lindo, Jefferson pela amizade e carinho, Ju memoráveis conversas, sorrisos e a diversão nas festinhas e Janinha pelos abraços, por cada sorriso, por me fazer especial quando não estou nas reuniões oficiais dos amáveis, a Joevan e Jhot pelos sorrisos e carinho, pessoas amo vocês!

A todos os amigos que de forma direta e indireta com o coração e oração estiveram comigo ao longo desses quatro anos (Thayze, Robson, Julianne Portela, Seu Carlos, Albina e Cecília).

*“Eu posso ir muito além de onde estou Vou nas asas do Senhor O Teu amor é o que me conduz Posso voar e subir sem me cansar Ir pra frente sem me fatigar Vou com asas, como águia Pois confio no Senhor...”*

(Celina Borges)

## RESUMO

A pupunheira é uma espécie da região tropical das Américas, nativa da Amazônia, detentora de reservas de óleo, palmito produz cachos com muitos frutos pequenos, oleosos e fibrosos. A pupunha apresenta alto potencial de diversidade e de nutrientes e é um produto promissor ao mercado consumidor e agroindustrial. Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar o processo de secagem por liofilização e por convecção forçada do ar do fruto *in natura* da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). Os frutos crus e cozidos foram processados para obtenção de pó por liofilização a fim de avaliar a técnica para a preservação dos constituintes nutricionais na pupunha. Posteriormente, fez-se a secagem convectiva nas temperaturas 50, 60 e 70 °C e velocidade do ar de secagem (0,72, 0,87 e 1,028 m/s) respectivamente, objetivando que sua melhor condição seja aproveitada para obtenção de uma barra de cereal. A pupunha *in natura*, o pó liofilizado e as passas foram avaliadas quanto a sua composição físico-química e compostos bioativos. Para a formulação da barra de cereal foi utilizado um planejamento experimental completo  $2^2$  + três pontos centrais, com variáveis independentes (passas de pupunha e concentrado *whey protein*) e como variáveis dependentes (avaliação instrumental – força e firmeza e avaliação nutricional - proteína e valor energético total). As formulações foram avaliadas quanto a sua composição nutricional e parâmetros de textura (força e firmeza). Os resultados revelaram que as amostras de pupunha são consideradas não tóxicas, viabilizando sua utilização para compostos alimentares. As amostras liofilizadas crua e cozida obtiveram valores mínimos de atividade de água e consideráveis valores de lipídeos 20,42 e 21,551 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente e proteínas 7,57 e 7,28 g (100 g)<sup>-1</sup>. Quanto a secagem convectiva, os modelos de aproximação de difusão, Page e Silva et al obtiveram bons ajustes aos dados experimentais, nas temperaturas estudadas. A temperatura intermediária (60 °C) obteve os melhores resultados de qualidade, obtendo-se incremento na quantidade de pigmentos, sendo esta a melhor condição para ser utilizada como ingrediente na elaboração de barra de cereal. As formulações de barra de cereal referentes ao ponto central (F5, F6 e F7), com baixa quantidade calórica, maximização no teor de proteína e com aceitabilidade quanto aos parâmetros de textura alcançou melhores resultados.

**Palavras-chave:** Pupunha. Liofilização. Secagem convectiva. Barra de cereal.

## ABSTRACT

Peach palm is a species from the tropical region of the Americas, native from the Amazon, a species that holds oil reserves, palm hearts and bunches with many small oily and fibrous fruits. Pupunha has a high potential for diversity and nutrients and it is a promising product for the consumer and agroindustrial market. This work was carried out with the objective of studying the drying process by freeze drying and forced convection of the *in natura* fruit of the pupunha (*Bactris gasipaes Kunth*). The raw and cooked fruits were processed to obtain powder by lyophilization in order to evaluate the technique for the preservation of the nutritional constituents in the pupunha. Afterwards, convective drying was carried out at temperatures of 50, 60 and 70°C and drying air velocity (0,72, 0,87 and 1,028m/s), respectively, in order to obtain a bar of cereal from the best condition of this process. The pupunha *in natura*, lyophilized powder and raisins were evaluated for their physicochemical composition and bioactive compounds. For the formulation of the cereal bar it was used a complete experimental design  $2^2$  + three central points, with independent variables (raisins of pupunha and concentrate *whey protein*) and as dependent variables (instrumental evaluation - strength and firmness and nutritional evaluation - protein and total energy value). The formulations were evaluated for their nutritional composition. The results showed that the pupunha samples were considered non-toxic, making it possible to use them for food processing. The crude and cooked lyophilized samples obtained values of minimum water activity and considerable values of lipids 20,42 and 21,551 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectively, and proteins 7,57 and 7,28 g (100 g)<sup>-1</sup>. As for the convective drying, the diffusion approximation model, Page e Silva et alli obtained good adjustment to the experimental data, of the temperature studied. The intermediate temperature (60 ° C) obtained the best quality results, obtaining an increase in the amount of pigments, being this the best condition to be used as an ingredient in the elaboration of cereal bars. Cereal bar formulations referring to the central point (F5, F6 and F7), with low caloric content, maximization of protein content and acceptability of texture parameters and collaboration with chewing achieved better results.

**Keywords:** Pupunha. Lyophilization. Convective drying. Cereal bar.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de palmito no Paraná (mil toneladas).....	20
Figura 2 - Frutos da pupunha.....	21
Figura 3 - Etapas do processo de liofilização.....	27
Figura 4 - Estádio de maturação das pupunhas utilizadas no experimento.....	33
Figura 5 - Corte das pupunhas para secagem convectiva.....	44
Figura 6 - Texturômetro TAXT plus (Stable Micro Systems).....	47
Figura 7 - Cinética de secagem das passas de pupunha com 3 mm de espessura processada crua (a) e cozida (b) nas temperaturas 50, 60 e 70 °C.....	62
Figura 8 - Gráficos dos modelos de aproximação de (a) difusão, (b) Page e (c) Silva et alli da amostra de pupunha cozida.....	65
Figura 9 - Gráficos do (a) Teor de umidade (%) e (b) Atividade de água (Aw) das passas de pupunha secas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.....	67
Figura 10 - Gráficos da (a) luminosidade (L*), (b) intensidade de vermelho ( + a*) e (c) Intensidade de amarelo ( + b*) das passas de pupunha secas nas temperaturas de 50 ° C, 60 ° C e 70 ° C.....	68
Figura 11 - Gráficos (a) antocianinas, (b) flavonoides, (c) clorofila e (d) carotenoides totais das passas de pupunha secas nas temperaturas de 50, 60 e 70 ° C.....	69
Figura 12 - Curvas de contorno para (a) proteína; (b) valor energético total; (c) força; (d) firmeza.....	73
Figura 13 - Gráficos de Pareto para (a) proteína; (b) valor energético total; (c) força; (d) firmeza.....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição nutricional do fruto da pupunha.....	21
Tabela 2 - Características químicas e composição de ácidos graxos do óleo da pupunha.....	22
Tabela 3 - Modelos empíricos utilizados para prever a secagem das fatias da pupunha.....	43
Tabela 4 - Formulação controle da barra de cereal.....	45
Tabela 6 - Matriz do planejamento experimental.....	47
Tabela 5 - Variáveis do planejamento experimental.....	46
Tabela 8 - Concentração em DL50 para as amostras de pupunha in natura e cozida.....	50
Tabela 9 - Caracterização física dos frutos in natura da pupunha.....	51
Tabela 10 - Valores médios das características físicas e físico-químicas da pupunha in natura e cozida.....	52
Tabela 11 - Valores médios dos bioativos da pupunha in natura e cozida.....	55
Tabela 12 - Caracterização físico-química dos pós de pupunha liofilizados.....	57
Tabela 13 - Caracterização dos bioativos dos pós de pupunha liofilizados.....	60
Tabela 14 - Parâmetros dos modelos matemáticos.....	64
Tabela 15 - Formulações de barras de cereais à base de cereais formuladas com três níveis de passas de pupunha (X1) e três níveis de whey protein (X2).....	71
Tabela 16 - Equações de regressão com variáveis reais, significância e coeficientes de determinação para as respostas: proteínas, valor energético total, força e firmeza das barras de cereais à base de whey protein e passas de pupunha.....	72
Tabela 17 - Informação nutricional das barras de cereais formuladas a partir do planejamento experimental.....	76

$A_w$	Atividade de água
$a, b, n$	Parâmetros do modelo empírico (adimensional)
$R^2$	Coefficiente de determinação (sem dimensão)
$x$	Posição em coordenadas cartesianas(m)
$t$	Tempo de secagem (s)
$T$	Temperatura (°C)
$X^*$	Coefficiente de umidade sem dimensão ou razão de umidade (sem dimensão)
E	Erro relativo médio
$\chi^2$	Qui-quadrado (adimensional)

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
1.1 OBJETIVOS .....	17
1.1.1 Objetivo geral .....	17
1.1.2 Objetivos específicos .....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
2.1. Aspectos gerais da pupunha .....	18
2.2. Potencialidades nutricionais da pupunha .....	20
2.3. Secagem .....	23
2.3.1. Cinética de secagem e modelagem matemática .....	24
2.4. Liofilização .....	26
2.4.1. Congelamento .....	27
2.4.2. Estágio de secagem primária .....	28
2.4.3. Estágio de secagem secundário .....	29
2.5. Frutos secos (passas) .....	29
2.6. Desenvolvimento de novos produtos alimentícios .....	30
2.7. Barra de cereal .....	31
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	33
3.1. Obtenção da matéria-prima .....	33
3.2. Tratamento térmico da pupunha .....	34
3.3. Avaliação da toxicidade da pupunha .....	34
3.3.1. Potencial toxicológico .....	34
3.3.2. Incubação .....	34
3.3.3. Exposição .....	35
3.3.4. Contagem .....	35
3.4. Determinações físicas e físico-químicas dos frutos da pupunha .....	35
3.4.1. Avaliação físicas dos frutos <i>in natura</i> .....	35
3.4.1.1. Cor .....	35
3.4.1.2. Massa dos frutos .....	36
3.4.1.3. Dimensões mutuamente perpendiculares .....	36
3.4.1.4. Volume por deslocamento de massa ( $V_R$ ) .....	36
3.4.1.5. Massa específica real ( $\rho_r$ ) .....	36
3.4.1.6. Massa específica aparente ( $\rho_a$ ) .....	37
3.4.1.7. Esfericidade ( $\phi$ ) .....	37
3.4.2. Determinações físico-químicas .....	38
3.4.2.1. Teor de água .....	38
3.4.2.2. Atividade de água .....	38
3.4.2.3. Acidez titulável .....	38
3.4.2.4. pH .....	38
3.4.2.5. Açúcares redutores .....	38
3.4.2.6. Açúcares totais .....	39
3.4.2.7. Amido .....	39
3.4.2.8. Cinzas .....	39
3.4.2.9. Minerais .....	39
3.4.2.10. Proteínas .....	39
3.4.2.11. Lipídeos .....	39
3.5. Determinação dos compostos bioativos .....	40
3.5.1. Determinação dos compostos fenólicos .....	40
3.5.2. Flavonoides e antocianinas .....	40
3.5.3. Determinação das clorofilas totais e carotenoides .....	41

3.6. Secagem por liofilização .....	41
3.7. Determinações físico-químicas e bioativos dos pós liofilizados da pupunha .....	41
3.8. Secagem por convecção forçada de ar da pupunha .....	42
3.8.1. Obtenção das curvas de secagem .....	42
3.8.2. Modelos para secagem convectiva .....	43
3.9. Obtenção da pupunha passa .....	44
3.10. Avaliação tecnológicas das passas de pupunha .....	44
3.11. Elaboração de barra de cereal .....	45
3.11.1. Lista de ingredientes .....	45
3.11.2. Elaboração da barra de cereal .....	45
3.12.3. Planejamento experimental .....	46
3.12.4. Caracterizações físicas das barras de cereal .....	47
3.12.4.1. Textura da barra de cereal .....	47
3.12.5. Caracterização físico-química e composição centesimal das barras de cereal .....	48
3.12.5.1. Carboidratos totais .....	48
3.12.5.2. Teor de sódio .....	48
3.12.5.3. Valor calórico total .....	48
3.13. Delineamento experimental e análise estatística .....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	50
4.1. Análise de toxicidade da pupunha .....	50
4.2. Determinações física e físico-química dos frutos da pupunha .....	51
4.2.1. Avaliação física dos frutos <i>in natura</i> .....	51
4.3. Determinações físico-químicas da pupunha .....	52
4.4. Determinação dos bioativos da matéria-prima <i>in natura</i> .....	55
4.5. Liofilização .....	57
4.5.1. Caracterização físico-química dos pós liofilizado da pupunha .....	57
4.5.2. Bioativos dos frutos em pó liofilizado da pupunha .....	60
4.6. Secagem convectiva .....	61
4.6.1. Curvas de secagem .....	61
4.6.2. Modelos .....	63
4.7. Avaliação de qualidade das passas de pupunha .....	67
4.8. Barra de cereais .....	71
4.9. Caracterização das barras de cereais .....	75
5. CONCLUSÕES .....	79
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	80
APÊNDICE A - DADOS DA CINÉTICA DE SECAGEM, PARA A PUPUNHA CRUA E COZIDA NAS TEMPERATURAS DE 50, 60 E 70 ° C .....	95
APÊNDICE B - DADOS DOS PARÂMETROS DOS MODELOS MATEMÁTICOS (LOGARÍTMICO, HENDERSON DE PABI, APROXIMAÇÃO DE DIFUSÃO, PAGE, SILVA ET ALI E WANG E SINGH) PARA AS AMOSTRAS DE PUPUNHA CRUA E COZIDA NAS TEMPERATURAS DE 50, 60 E 70 ° C .....	97
APÊNDICE C - GRÁFICOS DOS MODELOS MATEMÁTICOS (LOGARÍTMICO, HENDERSON DE PABI, APROXIMAÇÃO DE DIFUSÃO, PAGE, SILVA ET ALI E WANG E SINGH) PARA AS AMOSTRAS DE PUPUNHA CRUA E COZIDA NAS TEMPERATURAS DE 50, 60 E 70 ° C .....	100
APÊNDICE D - TABELAS ANOVA (ANÁLISE DE VARIÂNCIA) DA QUALIDADE DAS PASSAS DE PUPUNHA PARA AS AMOSTRAS DE PUPUNHA CRUA E COZIDA NAS TEMPERATURAS DE 50, 60 E 70 ° C .....	103

APÊNDICE E - TABELAS ANOVA (ANÁLISE DE VARIÂNCIA) DAS BARRAS DE  
CERAIIS FORMULADAS DE ACORDO COMO O PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.  
.....106

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por alimentos saudáveis e naturais é o grande investimento as quais nos dias atuais, principalmente de frutos com pouco acesso da população em geral, apresentam escassez de registros referente aos dados de produção.

Um exemplo desses frutos é a pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) a qual pertence à família das palmáceas, nativa dos trópicos úmidos da Amazônia que apresenta alto potencial de aproveitamento em produtos como: raízes medicinais, estipes e folhas, utilizadas na construção civil e artesanato, para alimentação humana (consumidos nas formas desidratada, cozido e frito), para alimentação animal e o palmito, seu principal produto (CLEMENT; MORA URPI, 1987; CLEMENT, 2000; BOLANHO et al., 2015).

Esta palmeira é ainda pouco conhecida na região Nordeste do Brasil e apresenta características bastante variáveis. A produção se caracteriza por cachos grandes de frutos com alto valor nutritivo e comestíveis, além de sabor agradável (MEDEIROS et al., 2012). Este fruto é um promissor produto ao mercado consumidor e agroindustrial, ou seja, com importância socioeconômica, considerando que pode agregar valor ao fruto e renda aos agricultores, ampliando as alternativas de aplicação e consumo.

Segundo Carvalho et al. (2005) os frutos e a farinha da pupunha, representam uma fonte de alimento potencialmente nutritiva, em razão do seu alto conteúdo de carotenoides biodisponíveis, além de teores consideráveis de carboidratos (amido), proteínas, lipídios e fibras.

A secagem por liofilização que, devido ao uso das baixas temperaturas, favorece a preservação dos constituintes, ou seja, suas propriedades nutricionais (vitaminas e pigmentos) e compostos sensíveis como os aromas e bioativos.

Técnicas de secagem podem ser utilizadas em produtos de origem vegetal, como a secagem convectiva, pois se trata de um método mais econômico e simples para operar, como também, aumenta sua segurança na qualidade do produto final, ou na transformação em outro produto e permitindo a avaliação matemática, por meio de seus modelos que descrevem os processos e possibilitam o melhor equipamento e melhor condição de armazenamento (AGRAWAL; METHEKAR, 2016; CHOI et al., 2017; SOUSA et al., 2017).

Diante do exposto, objetivou-se no trabalho o aproveitamento do fruto da pupunheira com manutenção, ao máximo, das propriedades nutricionais e funcionais por meio da aplicação de técnicas de secagem que originem novos produtos, repercutindo, desta forma no conhecimento tecnológico da espécie tipicamente Brasileira.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Estudar o processo de secagem por liofilização e por convecção forçada de ar do fruto *in natura* e cozida da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth).

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar as características físicas, físico-químicas, funcionais e toxicológicas da pupunha *in natura*;
- b) Elaborar pós de pupunha (*in natura* e cozida) pelo processo de liofilização;
- c) Caracterizar os pós liofilizados quanto as características físico-químicas e funcionais;
- d) Estudar a cinética de secagem convectiva de fatias de pupunha *in natura* e cozida;
- e) Avaliar as passas de pupunha obtidas pelo processo de secagem convectiva, por meio dos atributos físico-químicos e funcionais;
- f) Elaborar barras de cereais com as passas de pupunha e *whey protein* utilizando a técnica de planejamento experimental fatorial;
- g) Avaliar a qualidade das barras de cereais quanto ao valor energético, perfil de textura, cor e composição nutricional.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Aspectos gerais da pupunha

O Brasil é um dos países privilegiados por possuir uma gigantesca biodiversidade, ou seja, um conjunto de variedades de organismos vivos. Dentre essas variedades, existem espécies vegetais com grande potencial econômico, que podem resultar no desenvolvimento e em novos investimentos e na transformação para a região que a produz.

As espécies de pupunha foram distribuídas na América Latina, a partir de Honduras até a Bolívia, como também, nas regiões do Pacífico Norte da América do Sul (Equador e Colômbia) e do Caribe (Colômbia e Venezuela); pela bacia do alto Amazonas (Bolívia, Brasil, Peru); e América Central (Panamá, Costa Rica e Nicarágua) (SILVA, 2005; SANTOS, 2014).

A pupunha é uma espécie da região tropical das Américas, nativa da Amazônia, sendo um exemplo típico destas variedades de culturas e/ou espécies. Ela compreende uma grande diversidade de cultivares. Seu cultivo no Brasil foi intensificado a partir dos anos 90 com mais de 5000 ha de plantas (FLORI et al., 2004). Todavia, para a pupunha, foram descobertas várias espécies, sendo elas: silvestre (*Yurimaguas, Loreto, Peru*) e domesticada (*Bactris gasipaes* H. B. K., *Palmae*); esta última a mais utilizada até os dias de hoje (CLEMENT, 1990; CLEMENT; BOVI, 1999; FUZITANI et al., 2013).

A cultura da pupunha se intensificou a partir da década de 70 em vários estados brasileiros como em São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Mato Grosso e Paraná iniciaram cultivos com interesse na produção de palmito (RODRIGUES NETO et al., 2001; MIRANDA, 2001; ISAE/FGV, 2003).

A escolha e a busca por novas espécies de pupunha para produção agrícola são sugeridas e/ou realizadas, primeiramente, pelos preços baixos de seus cultivares e aliado às características das espécies como: abundância, palatabilidade, cor, formato, ausência de princípios tóxicos, rendimento e facilidade de extração (BOVI, 1997).

De acordo com estudos de Clement e Santos (2002) e Silva (2005), a pupunha se denomina como domesticada, porque depende da ajuda humana para se reproduzir adequadamente de acordo com as condições climáticas e do solo. Para a espécie *Bactris gasipaes* não foi diferente, sua adaptação é a solo ácido e média de precipitação pluviométrica de 1600 mm ao ano.

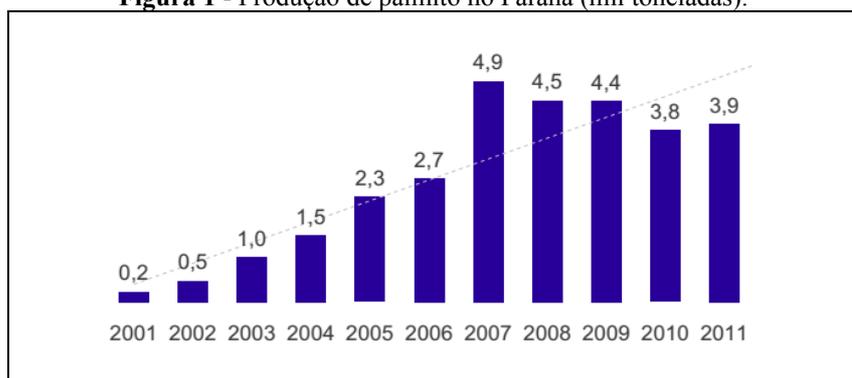
A pupunheira é uma palmeira com diversas raças primitivas, detentora de reservas de óleo, palmito e cachos com muitos frutos pequenos (oleosos e fibrosos) e, ainda, é conhecida por seu alto teor de pró-vitamina A (YUYAMA et al., 1999; SOUSA et al., 2001; CLEMENT et al., 2005).

De acordo com Santos (2014), o período de frutificação da pupunha no estado do Amazonas ocorre durante os meses de dezembro a março, diferindo das pupunhas plantadas na região Nordeste no estado do Pernambuco, onde sua frutificação ocorre entre março e agosto. As palmeiras apresentam cerca de 20 metros de altura, e seus frutos possuem uma coloração de amarelo, laranja e vermelho e, ainda, com comprimento variando de 31 a 40 mm e diâmetro de 31 a 38 mm (CARVALHO et al., 2013).

Desse modo, é notória tanto a diversidade de características e particularidades na estrutura do fruto da pupunha, como também sua influência na agricultura e no seu processamento.

Dados referentes ao cultivo da pupunheira na literatura de Galdino e Clemente (2008) e Berbari et al. (2008) são direcionados para a produção/processamento do palmito. Isso ocorre porque a cultura da pupunha passou a ser mais explorada devido à extração do palmito do açaí ter diminuído, visto que o palmito não era mais o principal produto e, sim, os frutos do açaí. Então a extração da pupunheira passou a ser mais valorizada, considerando não apenas a qualidade nutricional, como também as características que ela possui, tais como: início de sua produção com 18 meses de plantio, o seu cultivo perene, sua capacidade de perfilhamento e sua oxidação tardia (SILVA, 2005).

A escassez de dados acerca do fruto da pupunha resulta em dados atuais somente do IBGE em 2011, sobre o palmito. Tal referência revela que a produção nacional, em 2011, foi de 5,6 mil toneladas, só no estado do Paraná, a produção de palmito passou de 228 toneladas em 2001 para 3,9 mil toneladas em 2011, como mostra a Figura 1. Esses dados remetem à importância de divulgar pesquisas sobre seus frutos e, desta forma, investir na sua produção (SEAB/DERAL, 2013).

**Figura 1** - Produção de palmito no Paraná (mil toneladas).

Fonte: SEAB/DERAL (2013).

Frente a essa informação de produção em larga escala da pupunheira para o palmito, é possível perceber que as pesquisas, sobre os frutos, possam garantir futuramente uma produção mais intensificada pelos estados brasileiros para o fruto da pupunha, além desta produção e consumo seja de forma sustentável.

## 2.2. Potencialidades nutricionais da pupunha

Existe uma diversidade na variabilidade da composição dos mesocarpos dos frutos da pupunha, desde um epicarpo fibroso. Há um mesocarpo variante de amiláceo a oleoso e um endocarpo envolvendo uma amêndoa fibrosa e oleosa. O epicarpo possui uma diferença de cor entre vermelha, laranja ou amarela. Por outro lado, essa mesma variabilidade induz a qualidade final do produto para sua comercialização, seja para o consumo *in natura*, seja para utilização como um ingrediente culinário (CARVALHO et al., 2013).

Mesmo com toda sua qualidade funcional e nutricional, o fruto da pupunha ainda é pouco utilizado na alimentação de brasileiros, contudo, é um produto promissor para alimentação humano. Os frutos da pupunha são consumidos como: farinha, bebidas, cremes, pão, pupunha cozida, pupunha frita, entre outras (MORI-PINEDO et al., 1999; KERR et al., 1997).

Medeiros et al. (2012) trabalhando com quatro variedades de frutos de pupunha com diferentes colorações das cascas, após secagem em estufa a 50 °C por 24 h, elaboraram farinha de pupunha e farinha mista (trigo e pupunha). Verificaram que a mistura de farinha de pupunha à farinha de trigo para a elaboração de produtos de panificação apresentam massas mais leves além do aumento da qualidade nutricional.

Os frutos de pupunha (Figura 2) contêm significativas quantidades de nutrientes, substâncias estas, responsáveis pela manutenção da vida e de grande importância para uma

alimentação saudável. Dentre elas se destacam os carboidratos, proteínas, lipídeos, fibras, pró-vitamina A, vitamina B e C e os minerais em destaque para o teor de ferro e ainda a presença de aminoácidos (lisina, glicina, arginina, ácido glutâmico e ácidos aspártico) (PENA; FERREIRA, 2003; THOMAZINI, 2004; MELHORANÇA FILHO; PEREIRA, 2012; MEDEIROS et al., 2012).

**Figura 2** - Frutos da pupunha.



Fonte: Google imagens (2016)

Na Tabela 1 estão apresentados o potencial nutricional do fruto da pupunha, de acordo com os resultados descritos por Aguiar (1996).

Tabela 1- Composição nutricional do fruto da pupunha.

<b>Componentes</b>	<b>Quantidade</b>
Calorias	351,40 calorias
Proteína	3,5 g
Gordura	27,0 g
Carboidratos	23,60 g
Cinzas	0,90 g
Fibra	3,8 g
Vitamina A	1,1 mg
Vitamina C	18,7 mg
Tiamina (vit. B1)	0,045 mg
Riboflavina (vit. B2)	0,135 mg
Niacina	0,81 mg

Fonte: (AGUIAR, 1996)

De acordo com Hammond e Wenchi (1982), o mesocarpo da pupunha dispõe de uma mistura de ácidos graxos saturados e insaturados, dentre eles: 36,8% de ácido palmítico, 0,4% ácido esteárico, 1,3% de ácido linoleico e 52,4% de ácido oleico. Ainda pode-se evidenciar,

de acordo com Melhorança Filho e Pereira (2012), que o óleo da casca da pupunha possui ação antimicrobiana para *Staphylococcus aureus*.

O processamento do óleo da pupunha ainda é um processo que se torna caro, pois o percentual de óleo existente no mesocarpo do fruto é baixo e deve ser extraído por solvente e não por prensa, o qual teria um menor custo (CLEMENT et al., 2005).

Os lipídeos são constituintes da composição dos frutos da pupunha e sua quantidade pode variar conforme as características dos mesmos. Conforme Shinagawa et al. (2015), pesquisas com diferentes óleos vegetais, como canola, milho, óleo de uva e um derivado láctico (iogurte) são alvos de pesquisas quanto aos efeitos dos ácidos graxos saturados ou insaturados presentes em suas estruturas. Já estudos realizados por Melhorança Filho e Pereira (2012) mostram a ação do óleo extraído da casca, polpa e semente da pupunha como agente antimicrobiano de espécies de bactérias.

No que se refere à quantidade de lipídeos presente em sua estrutura do fruto da pupunha, ele possui quantidades marcantes de ácidos graxos saturados e insaturados. Na Tabela 2 estão apresentadas as características químicas e a composição de ácidos graxos do óleo da pupunha obtida por prensagem.

Tabela 2 - Características químicas e composição de ácidos graxos do óleo da pupunha.

Composição química das amêndoas da pupunha		Composição de ácidos graxos (%)	
Gordura (%)	22	Caprilico	1,90
Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	0,906	Caprico	2,24
Índice de refração (°)	1,4528	Láurico	27,25
Índice de iodo [g I <sub>2</sub> (100 g) <sup>-1</sup> ]	18,6	Mirístico	22,47
Índice de acidez (mg de KOH g <sup>-1</sup> )	5,0	Palmítico	13,52
Índice de saponificação (mg de KOH g <sup>-1</sup> )	240,5	Estearico	3,97
Índice de matéria insaponificável (mg de KOH g <sup>-1</sup> )	1,11	Oleico	21,25
		Linoleico	7,38

Fonte: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, (2016)

De acordo com Hammond e Wenchi (1982), o mesocarpo da pupunha dispõe de uma mistura de ácidos graxos saturados e insaturados, dentre eles: 36,8% de ácido palmítico, 0,4% ácido esteárico, 1,3% de ácido linoleico e 52,4% de ácido oleico.

### 2.3. Secagem

A secagem é um dos métodos de conservação de alimentos mais antigos empregado até os dias atuais. Esse processo envolve, simultaneamente, a transferência de calor e de massa sem mudança de fase, ou seja, à remoção de água ou qualquer outro líquido de um material sólido, na forma de vapor para uma fase gasosa insaturada, mediante um mecanismo de vaporização térmica, em uma temperatura inferior à temperatura de ebulição do líquido que se deseja evaporar obtendo-se um produto sólido seco (ARÉVALO-PINEDO; MURR, 2005; EL-AOUAR, 2005; OLIVEIRA et al., 2010; PORTELA et al., 2015).

A secagem tem como objetivo as trocas de energia que ocorrem de um estado de equilíbrio para outro, como também a remoção de água do material para aumentar seu tempo de vida útil, manutenção dos compostos aromáticos, redução e/ou manutenção da atividade enzimática, minimização de custo no transporte e disponibilidade em período de sazonalidade, fator de encolhimento do material dentre outras (PARK et al., 2001; EL-AOUAR et al., 2005; COSTA et al., 2016).

Para a realização do processo de secagem, existem condições que devem ser definidas, ou seja, fatores que governam a velocidade dos mecanismos de transferência de calor e massa que determinam a taxa de secagem como pressão de vapor do material, pressão do ar de secagem, temperatura, velocidade do ar, velocidade de difusão da água no material, espessura e a superfície exposta para secagem (VAN ARSDEL, 1963; EL-AOUAR, 2005).

Estudos têm sido realizados utilizando os métodos secagem como principal técnica de conservação para alimentos, como descrevem Zielinska e Michalska (2016) que estudaram a cinética de secagem assistida por micro-ondas ( $1,3 \text{ W g}^{-1}$ ) potência de micro-ondas sob pressão de 4 a 6 kPa ) e secagem convectiva (60 e 90 °C com fluxo de ar de  $1 \text{ m s}^{-1}$ ) e o método combinado com os frutos de mirtilo congelados e descongelados. Entre os métodos de secagem, o método combinado a 90 °C satisfaz requisitos importantes, como a qualidade do produto (textura, cor, componentes nutricionais) e tempo de secagem, resultando em estudos consistentes com dados valiosos para produtores de secadores industriais e fornecedores de mirtilos secos.

Wojdyło et al. (2016) avaliaram vários métodos de secagem (secagem convectiva, de micro-ondas, liofilização) para várias espécies de jujuba ou açofoifa (*Ziziphus jujube*), afim de obter um produto seco com qualidade nutricional. Seu estudo foi realizado com cinéticas sob várias condições de secagem, simulada usando os perfis de temperatura e umidade. Foram utilizadas Três tecnologias de desidratação: secagem convectiva (com as temperaturas de 50,

60 e 70 °C e velocidade do ar a  $1 \text{ m s}^{-1}$ ), secagem por micro-ondas (120 w de potência e pressão entre 4 e 6 kPa) e liofilização (-60 ° C por 24 h). As amostras tratadas quanto aos métodos descritos foram avaliadas para compostos fenólicos totais, flavonoides, vitamina C e atividade antioxidante (ABTS e FRAP). Os resultados revelaram que a liofilização foi o melhor método de controle, por ser conhecida como uma excelente secagem, mas sua aplicação na indústria ainda é limitada devido ao seu valor agregado ao equipamento.

A qualidade dos alimentos irá depender da condição anterior ao processamento e estocagem, assim como, da extensão das alterações ocorridas durante o processamento. Além disso, no que se refere ao processo de secagem, pode-se mencionar vários métodos e tipos de secagem, destacando-se a liofilização por preservar constituintes da matéria-prima devido ao emprego de baixas temperaturas, como também conserva as propriedades nutricionais (vitaminas e pigmentos) e compostos sensíveis como os aromas e bioativos.

### **2.3.1. Cinética de secagem e modelagem matemática**

Os métodos de secagem por convecção, mesmo com o passar dos anos sempre tem ocupado maiores empregos e destaques em processos agroindustriais, em função de o ar aquecido gerar custos mais baixos, redução nos tempos de secagem (dependendo das condições operacionais), e controles em variáveis do processo como velocidade do ar e temperatura e um potencial na transferência de calor e massa, auxilia na conservação do produto e no aumento de compostos bioativos (FERREIRA et al., 2012).

A cinética de secagem promove o deslocamento simultâneo de transferência de calor e massa por convecção, além de estudar a relação da mudança do teor de umidade na sua respectiva temperatura ao longo do tempo, ou seja, e possibilita esclarecer e aperfeiçoar os modelos matemáticos desenvolvidos para a explicação desse fenômeno. O processo de secagem causa alterações do teor de umidade no sólido, trazendo mudanças na condução de calor no interior do mesmo e logo afetam a capacidade do sólido em absorver e diminuir seu conteúdo de água (PÉREZ, 1998; PARK et al., 2001; MELLADO, 2007)

Na avaliação de uma modelagem matemática para produtos alimentares podem ser utilizada várias geometrias conhecidas (fatias, cilíndricas, cúbicas) para determinar coeficientes que melhor representem o encolhimento do produto durante a secagem, na maioria dos casos, é representado pelo mecanismo de difusão pela lei de Fick, como também, pelo comportamento das características dos produtos durante a secagem por meio de modelos teóricos, empíricos e semiteóricos (MONNERAT, 2009; GASPARIN, 2012).

Os modelos teóricos descrevem a taxa decrescente de secagem de um sólido, e o seu mecanismo principal é a difusão baseada na segunda lei de Fick como relata estudos de Sandoval-Torres et al. (2017) em experimento realizado com batata, os quais foram desenvolvidos com batata *in natura* e operaram nas seguintes condições: fatias de 5,4 cm e diâmetro de 1,5 cm, aplicação de três temperaturas de secagem (40, 50 e 60 °C), com fluxo de ar constante de 1,5 m (s)<sup>-1</sup> em um secador de túnel. Os resultados mostraram que o modelo foi capaz de simular as perdas e a modelagem melhorou a predição quando a temperatura de secagem é maior.

Os métodos empíricos é uma relação entre os dados experimentais e análise adimensional. Agrawal e Methekar (2016) que avaliaram o comportamento da secagem da abóbora em cubos com condições pré-determinadas de temperatura (50 a 70 °C), velocidade (6,7 a 13,6 m s<sup>-1</sup>) e tamanho do cubo 1 a 2 cm. Os parâmetros de Arrhenius para a difusividade efetiva foram estimados pelo ajuste experimental dos dados. Durante a secagem, a abóbora exibiu dois períodos distintos de secagem à taxa de queda sem fase de secagem de taxa constante.

Existem diversos modelos semiteóricos que podem ser estudados como Henderson e Pabis, Dois termos, Lewis, Page, Page Modificado, Midilli, os quais descrevem a curva de secagem para condições que foi realizado o experimento. Eles se baseiam na lei de Newton onde as condições sejam isotérmicas e a resistência à transferência de umidade se restrinja a superfície do produto.

Aral e Beşe (2016) avaliaram os efeitos dos parâmetros de secagem por convecção para os frutos do castanheiro (*Crataegus* spp.) e utilizaram os modelos matemáticos para explicar o comportamento adequado da secagem. Foi realizada a secagem convectiva, com variação da temperatura de 50 a 70 ° C e velocidades de ar de 0,5, a 1,3 m s<sup>-1</sup>, em camada fina. Os resultados evidenciaram que o tempo de secagem diminuiu com o aumento da temperatura e velocidade do ar. Para a modelagem matemática, foram submetidos a onze modelos matemáticos e o que melhor se ajustou foi o de Midilli, explicando o melhor comportamento de secagem da fruta.

Sousa et al. (2017) estudaram o processo de secagem convectiva da polpa de pequi, em diferentes condições de temperatura (50, 60, 70 e 80 °C), espessura (0,5; 1,0 e 1,5 cm) e velocidade do ar de 1,0 m s<sup>-1</sup> e mostraram que o aumento da temperatura reduziu o tempo de secagem, e que o modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais.

## 2.4. Liofilização

A liofilização é uma operação unitária, na qual a água é removida por sublimação. Nos últimos tempos, a liofilização vem sendo largamente utilizada para uma maior conservação de produtos como: alimentos, antibióticos, anticoagulantes, bactérias, vírus, enzimas, proteínas, hormônios, entre outros. Ela é usada para secar produtos com o objetivo de uma maior preservação dos seus constituintes (TATTINI JÚNIOR et al., 2006).

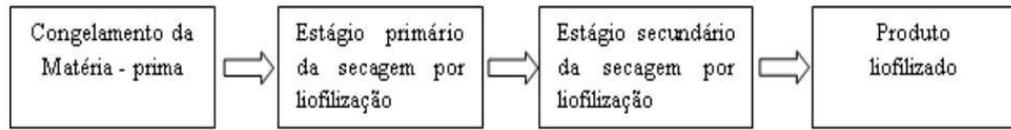
Segundo Koroishi (2005) o uso das baixas temperaturas contribui para minimizar reações indesejáveis nos alimentos (reação de Maillard, desnaturação de proteínas e reações enzimáticas). Essas baixas temperaturas também reduzem as taxas de transporte em que se perdem compostos voláteis e aromas que facilmente se perdem em outros processos de secagem.

Vieira et al. (2012) verificaram que a técnica da liofilização possui custo muito elevado, devido aos gastos na refrigeração e na produção de vácuo; no entanto, mesmo com alto custo, essa técnica agrega alto valor ao produto final, por manter as características do produto original.

Dentre os principais objetivos da liofilização, tem-se: baixo teor umidade, redução de peso e de volume (uma vantagem para o armazenamento e o transporte), e o aumento de sua vida útil devido ao mínimo teor de atividade de água (MENEZES et al., 2009; VIEIRA et al., 2012), além de preservar os constituintes da amostra.

O processo de liofilização consiste em quatro principais operações, como descrevem Ciurzyńska e Lenart (2011): congelamento; vácuo; sublimação e condensação. De acordo com Ratti (2001) para diminuir os custos com a liofilização seria necessário melhorar a taxa de transferência de calor para, dessa forma, colaborar na sublimação e diminuir o tempo de secagem, uma vez que os custos com o vácuo e condensadores são bastante elevados.

Um dos maiores obstáculos para a liofilização é o próprio processo, que é muito longo. Sua secagem pode durar de 1 a 3 dias, isso devido à má transferência interna de calor dentro da pressão de trabalho. Então, o baixo desempenho de transferência de calor no interior do produto e as baixas pressões de trabalho tornam a radiação o principal mecanismo de transferência de calor, uma vez que existe pouca convecção e uma baixa condução entre as superfícies de contato à vácuo (HAMMAMI; RENÉ, 1997). A Figura 3 mostra as etapas que envolvem o processo de liofilização.

**Figura 3** - Etapas do processo de liofilização.

Fonte: Koroishi (2005).

Vários estudos relacionados à liofilização de produtos hortícolas e hortaliças vêm sendo realizados, como o de Bubnovich et al. (2012) estudando a simulação bidimensional para descrever o processo de liofilização de fatias de cenoura à pressão atmosférica em leito fluidizado, os quais descreveram a interface da sublimação do alimento e as simulações mostrando bom ajuste com os dados experimentais e otimizando o processo de liofilização.

Vieira et al. (2012) realizaram estudos sobre a cinética de secagem e os parâmetros de qualidade (conteúdo de vitamina C e reidratação e textura) de fatias de abacaxis liofilizadas, utilizando fatias com espessuras de 0,5, 1,0 e 1,5 cm, as quais foram congeladas nas temperaturas de -14, -24 e -34 ° C, por 24 h, em seguida, conduzidas ao liofilizador. Estes autores verificaram que existe uma forte dependência da cinética de secagem e dos atributos de qualidade de fatias de abacaxis liofilizadas em função das condições utilizadas durante a etapa de congelamento, mesmo este classificado como congelamento lento. Por outro lado, a taxa de congelamento não foi a única variável que teve influência sobre a cinética de secagem e os atributos de qualidade. A combinação de temperatura e umidade durante a liofilização propriamente dita, quanto durante a etapa de reidratação, mostram a influência no aspecto físico do fruto.

Prosapio e Norton (2017) avaliaram a influência da desidratação osmótica de morangos em cubos (1 cm<sup>3</sup>) mediante secagem em forno (sem fluxo de ar, pressão ambiente e temperatura fixa) na liofilização (temperatura -110 °C e pressão 10 Pa). Os resultados demonstraram que o uso de pré-tratamento reduz o tempo de processamento e melhores propriedades estruturais aos produtos permitindo uma redução no custo operacional e melhoria na qualidade final do produto.

#### **2.4.1. Congelamento**

O congelamento é uma das etapas mais importantes e críticas do processo de liofilização. É nesta etapa que a solução ou produto a ser processado é arrefecido até uma

temperatura em que todo o material esteja congelado. O desempenho total do processo de liofilização depende significativamente deste estágio (LIAPIS; BRUTTINI, 1994).

É nesta etapa que o produto endurece a sua estrutura e, conseqüentemente, evita o movimento do soluto e do líquido durante a liofilização (HAMMAMI; RENÉ, 1997). No congelamento também são definidas a estrutura, a forma dos poros, a distribuição do tamanho dos poros do produto. A partir dessas características, define-se a taxa de congelamento, que consiste na imobilização do produto a ser liofilizado, evitando o desenvolvimento das reações químicas e atividades biológicas (TATTINI JÚNIOR et al., 2006).

De acordo com Fellows (2006) os principais métodos de para congelar alimentos utilizados são: congelamento em placas, congelamento com circulação forçada de ar, congelamento por imersão ou aspersão de líquidos e congelamento criogênico.

As taxas de congelamento para um alimento podem ser baixas ou altas, dependendo de fatores como tipo de alimento, tipo de congelamento, temperatura, tempo, velocidade do ar, entre outros. No entanto, o formato, o tamanho e a distribuição dos cristais de gelo formados no material são determinados por essa taxa de congelamento que, quando baixa, origina cristais grandes com formato de agulhas e, quando alta, origina cristais menores e arredondados, que não agredem a estrutura do material (GAVA et al., 2008; MARQUES, 2008).

#### **2.4.2. Estágio de secagem primária**

No estágio primário da secagem por liofilização, o solvente congelado é retirado por sublimação. Este processo envolve, simultaneamente, transmissão de calor e transferência de massa. A força motora da transferência de calor é o diferencial de temperatura, e a da transferência de massa é o gradiente de pressão, ou seja, a pressão do sistema (equipamento), que deve ser menor ou próximo à pressão de vapor de equilíbrio do solvente congelado (MARQUES, 2008; VIEIRA et al., 2012; CORRÊA, 2013).

A maior quantidade de água removida durante este estágio é através da sublimação da água congelada, cujo transporte acontece por difusão e fluxo convectivo através dos poros da estrutura de poros da camada de secagem, e o vapor d' água é conduzido para a câmara de secagem do equipamento (liofilizador) (BOSS, 2004).

Caso ocorra em algum ponto na camada congelada algum derretimento, o solvente naquele ponto não pode ser removido por sublimação. Dessa forma, haverá deficiência na secagem do material, resultando na redução da estabilidade estrutural. A secagem primária é

finalizada e o início da secagem secundária acontece quando não mais existir interface de sublimação (KOROISHI, 2005).

### **2.4.3. Estágio de secagem secundário**

A partir do momento que todo gelo foi removido pela sublimação, este estágio se inicia. Para Boss (2004), o processo de liofilização tem como parte importante a taxa de remoção de vapor sublimado. Então, na superfície cristalina do produto, a água não congelada pode ser absorvida.

A principal função da secagem secundária é a redução do teor de umidade residual contida no produto, para os níveis que não ocorreram nenhuma reação química ou desenvolvimento microbiano, para, dessa forma, encontrar condições de operação, sem perder a estabilidade da estrutura do material e adequar às concentrações de umidade para que seja armazenado da forma correta (COSTA RIBEIRO, 2012). É também neste estágio que podem acontecer fenômenos como colapso, derretimento ou dissolução da matriz sólida, que terá total influência a estabilidade estrutural do produto (KOROISHI, 2005).

### **2.5. Frutos secos (passas)**

De acordo com a Resolução CNNPA nº 12, de 1978 os frutos secos são designados o produto obtido pela perda parcial da água da fruta madura, inteira ou em pedaços, por processos tecnológicos adequados.

A desidratação dos frutos para a obtenção de passa seja por desidratação osmótica ou secagem convencional, contribui para a concentração do conteúdo de micronutrientes e macronutrientes, para a conservação do produto, e ainda, com a possibilidade da sua adição em formulações para demonstrar seu potencial ressaltando a qualidade sensorial e nutricional de alimentos (GUIMARÃES; SILVA, 2008).

É importante destacar outra forma de importância da utilização de frutos, para produção de passas, pois dessa forma evidenciamos a minimização e /ou reaproveitamento das perdas de produtos vegetais, o aumento de renda do produtor, o desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento do excedente da produção com os custos relativamente mais baratos (FELDBERG et al., 2008).

Raupp et al. (2008) avaliaram a aceitabilidade e processamento de caqui 'Fuyu', o mesmo, foi fatiado em quatro formatos diferentes e secos em secador de bandejas com

temperatura inicial de 80 ° C e após 1 h reduziu para a temperatura de 60 ° C por 23 h. Os resultados indicaram que a passa de caqui é uma excelente oferta de fruta desidratada.

Guimarães e Silva (2008) avaliando a secagem do murici para produção de passa, em estufa com circulação forçada de ar, verificaram que os frutos perderam entre 63 e 68 % de água, com concentração do teor de macronutriente (sólidos solúveis) em relação ao fruto *in natura* e evidenciou que nutricionalmente é um alimento rico em fibras e sua produção pode contribuir com a valorização dos alimentos regionais.

## **2.6. Desenvolvimento de novos produtos alimentícios**

O processo de desenvolvimento de novos produtos e/ou inovação em uma empresa está além do fato de criar. Eles têm, ainda, o propósito de realizar mudanças tecnológicas, em seus produtos ou em processos.

De acordo com Costa e Nascimento (2011) o processo de desenvolvimento de produtos é uma atividade que busca atender as necessidades do mercado, considerando as estratégias e especificações de um produto e seu processo de produção.

Ao iniciar o processo de desenvolvimento é necessário investigar fatores políticos, tecnológicos, sociais, ambientais e econômicos. Além disso, devem-se considerar duas importantes particularidades para atender ao comércio: a qualidade e a confiabilidade do produto, estas prezando pela satisfação do cliente e a continuidade das características iniciais desenvolvidas no produto ao longo do processo e evitando falhas, mudanças e riscos, que comprometam a seguridade do produto desenvolvido (FRANK et al., 2014).

Yokoyama et al. (2012) descrevem que os consumidores estão cada vez mais exigentes aos novos produtos, e isso acarreta uma maior inovação em tecnologia e os ciclos de existência do produto estão sendo cada vez mais reduzidos. Então as empresas devem trazer ao mercado um produto que proporcione características, como: vitalidade, conveniência, inovação e qualidade, dessa maneira, sempre investindo para novos processos e ingredientes, de modo a desenvolver a utilização a ciência e a tecnologia a favor delas.

Pode-se descrever um modelo de referência para o desenvolvimento de produtos alimentícios pelos seguintes itens: objetivos da empresa, necessidade do consumidor, ideias, seleção de ideias, estudo de viabilidade, pesquisa de mercado e análise financeira; desenvolvimento, produção, teste de consumidor e teste de mercado (YOKOYAMA et al., 2012).

Os novos produtos e ingredientes também surgem de pesquisas científicas que são realizadas para vários produtos, seja a partir de produtos com potencial nutricional elevado, seja do aproveitamento de resíduo agroindustrial.

Gutkoski et al. (2007) estudaram o efeito da concentração de fibra alimentar e de açúcar na calda em barras de cereais elaboradas à base de aveia, seus resultados mostraram que o produto obteve propriedades sensoriais agradáveis, alto teor de fibra alimentar e fonte de  $\beta$ -glucanas. Todas as matérias-primas desenvolvidas têm o objetivo de trazer benefícios à população, e o conhecimento necessário de suas propriedades para utilizá-las na transformação de novos produtos.

## 2.7. Barra de cereal

Uma nova tendência vem crescendo como relata Farinazzi-Machado et al. (2012), a troca do *fast food* por uma alimentação mais saudável. Essa alimentação saudável está relacionada a um alimento que possua nutrientes que tragam benefícios à saúde, ou seja, que reduza o risco de doenças como as cardiovasculares, obesidade, hipertensão arterial sistêmica e síndrome metabólica.

As barras de cereais são alimentos que surgiram há mais de 20 anos, com o propósito de uma alimentação fácil, rápida e nutritiva. Esses cereais possuem uma classificação relacionada a produtos de confeitaria, são apresentados em formato retangular, vendidos individualmente e de rápido crescimento no mercado (FREITAS; MORETTI 2006; GUTKOSKI et al., 2007).

Para o seu processamento, são utilizados diversos cereais como aveia (grãos e farelo), granola, arroz, amendoim, castanha, soja, quinoa, frutas desidratadas, entre outros, e esses são misturados. Para sua agregação, é usado xarope de glucose e são extrusados a frio e ainda apresentam propriedade de sabor, textura e baixa atividade de água Degáspari et al. (2008); Gutkoski et al. (2007). Portanto, as barras de cereais são uma excelente alternativa de desenvolvimento de produto com qualidade nutricional e funcional para fazer parte da alimentação das pessoas.

Aigster et al. (2011) estudando as propriedades físico-químicas e atributos sensoriais da resistência da granola e cereais suplementados com amido, desenvolveram um estudo comparativo dos níveis de amido em barra 10 e 15 g  $(100\text{ g})^{-1}$  com produtos de granola com controle isocalóricos. Os resultados revelaram a aceitabilidade do consumidor para as barras

de granola, suplementadas como amido sendo viáveis em sistemas alimentares além de não comprometer a aceitabilidade do produto.

Silva et al. (2009) avaliaram o aproveitamento do resíduo industrial do maracujá amarelo na formulação de barra de cereais, obtendo uma aceitação em até 30% de adição do resíduo. Enquanto, Arévalo-Pinedo et al. (2013) desenvolveram e estudaram a estabilidade de barras de cereais à base de farinha seca de amêndoa de babaçu (*Orbygnia speciosa*), e observaram que não ocorreram mudanças durante seu armazenamento e sua aceitabilidade obteve valor maior que 80%. Farinazzi-Machado et al. (2012) avaliaram os efeitos da quinoa em barra de cereal quando ingerida, por humanos, seus resultados mostraram efeitos positivos do uso da quinoa pois apresentaram redução significativa nos valores de colesterol total, triglicérides e LDL.

O consumo e estudos com processamento de barras de cereais estão se destacando como o fundamento de intensificar ou substituição um ingrediente e/ou nutriente na barra, desde que os mesmo forneçam, funções ao organismo e benefícios a saúde na prevenção de doenças como: osteoporose, câncer, doenças cardiovasculares e diabetes (AMBROSIO-UGRI E RAMOS, 2012)

SAMPAIO et al. 2009 avaliou as concentrações de NaFeEDTA e ferro aminoquelato em barras de cereais, adicionadas na calda ou na cobertura de chocolate. Os resultados mostraram que a concentração adicionada de NaFeEDTA, na cobertura de chocolate, obteve concentração de 60% da IDR, que apresentou ótima aceitação sensorial.

DESSIMONI-PINTO et al. 2010 em sua pesquisa com o aproveitamento da amêndoa macaúba para produção de barra cereal. Na elaboração da barra foram adicionados 15% desta matéria- prima e obtiveram quantidades significativas de proteína 6 g (100 g)-1 e lipídeos 7,84 g (100 g)-1 e aceitação sensorial acima de 80%.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Obtenção da matéria-prima

Os frutos da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) foram adquiridos em propriedade na área rural na cidade de Alhandra, estado da Paraíba, em estágio de maturação comercial (Figura 4). Após a aquisição, os frutos foram acondicionados em embalagens plásticas do tipo polietileno e em seguida, foram conduzidos para o Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA/CTRN/UFCG).

**Figura 4** - Estádio de maturação das pupunhas utilizadas no experimento.



**Fonte: Autoria própria**

Os frutos foram selecionados (quanto ao estágio de maturação adequado, sem doença aparente e sem injúria física), posteriormente lavados e sanitizados com água clorada 10 ppm por 20 min.

Os experimentos com os frutos foram divididos em três etapas. Na primeira etapa foi realizado o teste de toxicidade da polpa dos frutos (crua e cozida) para certificação de isenção de substâncias que possam interferir no consumo humano. Na segunda etapa foram avaliados os parâmetros físicos dos frutos inteiros *in natura*. Por fim, na terceira etapa, os frutos *in natura* foram separados em casca, polpa e semente com faca de aço inoxidável. As cascas e sementes (amêndoas) foram descartadas e duas porções foram retiradas para caracterização da polpa. Uma porção da polpa *in natura* foi triturada em processador de bancada (Pratic blender®) para caracterização da amostra crua, outra porção foi cozida (em condições posteriormente descritas) para a sua caracterização físico-química. Em seguida, todo o restante da polpa foi armazenado sob congelamento (-18 °C) em congelador (Eletrolux; modelo: FPE 24) para realização das secagens liofilizada e convectiva. Para os tratamentos de secagem por liofilização e para secagem por convecção forçada de ar foram consideradas dois tipos de amostras de pupunha: crua e cozida.

Foi realizada a secagem por liofilização e logo em seguida, para a secagem convectiva foi realizada por convecção forçada foram produzidas passas com 3 mm de espessura, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e sua melhor condição foi utilizada para processamento da barra de cereal.

### **3.2. Tratamento térmico da pupunha**

Os frutos das pupunhas foram selecionados, higienizados e em seguida submetidos ao processo de cozimento. Os frutos *in natura* foram colocados em um recipiente de inox com água potável; a polpa foi cozida em água em ebulição durante 40 min; em seguida, foram imersos em banho com água fria, a aproximadamente 12 °C durante 5 min, de acordo com Medeiros et al. (2012). Após o resfriamento, os frutos foram descascados, secos com papel absorvente e colocados no congelador com temperatura de aproximadamente -18 °C para posterior liofilização e para secagem convectiva foram colocados diretamente na estufa.

### **3.3. Avaliação da toxicidade da pupunha**

#### **3.3.1. Potencial toxicológico**

As análises toxicológicas foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Sementes do CCHSA, Campus de Bananeiras, PB, pertencente à Universidade Federal da Paraíba, utilizando o método do bioensaio composto de *Artemia salina* L. baseado na técnica descrita por Meyer et al. (1982). Essa análise foi realizada por incubação, exposição e contagem.

#### **3.3.2. Incubação**

Em um recipiente foram adicionados 500 mL de solução de água do mar artificial (com sal marinho na concentração de 30 g (L)<sup>-1</sup> e pH ajustado entre 8,0 e 9,0, por meio de solução 0,1 mol L<sup>-1</sup> de NaOH). O recipiente foi colocado dentro de uma incubadora iluminada por uma lâmpada fluorescente e adicionados 0,2 g de cistos de *Artemia salina* L., mantendo a água em agitação constante com o auxílio de uma bomba de aquário para a aeração.

### **3.3.3. Exposição**

Após o período de incubação, os organismos-testes (náuplios de *Artemias salina* L.) foram expostos às amostras de pupunha crua e cozida por 48 h, sendo utilizados tubos de ensaio, cada um contendo 10 náuplios de *Artemia salina* L., previamente selecionados. Os testes foram feitos em triplicata para cada concentração de cada composto.

Foi determinada a faixa de concentração a ser testada, buscando-se sempre a maior concentração desde que se observassem 100% de mortalidade e a menor concentração em que se deflagrasse 0% de mortalidade; as demais concentrações foram distribuídas dentro desse limite, de acordo com Veiga et al. (1989) de modo a se obter a DL50 (dose letal para 50% da população) do composto testado.

### **3.3.4. Contagem**

Após 48 h de exposição, foi feita a contagem de náuplios vivos e mortos, considerados vivos todos aqueles que apresentaram qualquer tipo de movimento quando observados próximos a uma fonte luminosa. Os resultados foram submetidos ao delineamento estatístico utilizando-se o programa Bio Stat 2009® efetuando-se a análise PROBIT, a qual forneceu os valores de DL50.

## **3.4. Determinações físicas e físico-químicas dos frutos da pupunha**

### **3.4.1. Avaliação físicas dos frutos *in natura***

Foi selecionada aleatoriamente uma massa de 30 frutos para a determinação das análises físicas tais como: cor, massa dos frutos, dimensões mutuamente perpendiculares, volume por deslocamento de massas, massa específica real, massa específica aparente, porosidade e esfericidade. As características físicas dos frutos foram determinadas de acordo com a metodologia descrita por Mohsenin (1986).

#### **3.4.1.1. Cor**

A cor foi determinada por leitura direta das amostras dos frutos *in natura*, dos frutos cozidos e das farinhas liofilizadas, utilizando espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE

Plus, modelo 4500 L, com sistema de cor Cielab. O instrumento, equipado com iluminante D65/10°, foi calibrado com placa preta e placa branca padrão ( $X = 80,5$ ,  $Y = 85,3$ ,  $Z = 90,0$ ), conforme instruções do fabricante. Os parâmetros determinados foram:  $L^*$  que representa a luminosidade, transição do branco (0) para o preto (100),  $a^*$  que representa a transição da cor verde ( $-a^*$ ) para a cor vermelha ( $+a^*$ ), e,  $b^*$  que representa a transição da cor azul ( $-b^*$ ) para a cor amarela ( $+b^*$ ).

#### 3.4.1.2. Massa dos frutos

Foi realizada através da pesagem da massa de 30 unidades de frutos de pupunha, ao qual teve sua biomassa fresca determinada através da pesagem em balança semianalítica (Gehaka KB 4001). Os resultados foram expressos em g.

#### 3.4.1.3. Dimensões mutuamente perpendiculares

Os diâmetros longitudinal e transversal dos frutos *in natura* foram medidos em paquímetro digital de precisão (0,1 mm), marca Mitutoyo. As dimensões referentes ao comprimento (a) e à largura (b). Os resultados foram expressos em centímetro (cm).

#### 3.4.1.4. Volume por deslocamento de massa ( $V_r$ )

A determinação do volume individual dos frutos foi realizada pelo método do deslocamento de água, em balança analítica e calculada utilizando a equação 1.

$$V_r = \frac{\text{massa de fluido deslocado (g)}}{\text{massa específica do fluido (g/cm}^{-3}\text{)}} \quad (1)$$

Onde:

$V_r$  - volume,  $\text{cm}^{-3}$

#### 3.4.1.5. Massa específica real ( $\rho_r$ )

A massa específica real dos frutos foi determinada pelo método do deslocamento de água. Conhecendo-se o volume, de acordo com a metodologia descrita no item 3.4.1.4, a

massa específica foi obtida diretamente pela equação 2.

$$\rho_r = \frac{m}{V_r} \quad (2)$$

Onde:

$\rho_r$  - massa específica real, g cm<sup>-3</sup>;

$m$  - massa, g; e,

$V_r$  - volume real, cm<sup>3</sup>.

#### 3.4.1.6. Massa específica aparente ( $\rho_a$ )

A massa específica aparente foi determinada pela relação entre a massa de certa quantidade do produto e o volume que esta quantidade ocupa (volume do recipiente), sendo calculada pela equação 3.

$$\rho_a = \frac{m}{V_a} \quad (3)$$

Onde:

$\rho_a$  - massa específica aparente, g cm<sup>-3</sup>;

$m$  - massa dos frutos, g; e,

$V_a$  - volume do recipiente, cm<sup>3</sup>.

#### 3.4.1.7. Esfericidade ( $\varphi$ )

A esfericidade dos frutos da pupunha *in natura* foi determinada com base na média geométrica dos dois eixos perpendiculares (comprimento e largura) ao corpo em relação ao maior eixo (comprimento), de acordo com a equação 4.

$$\varphi = \frac{[(a * b)^{1/2}]}{a} * 100 \quad (4)$$

Onde:

$\varphi$  - esfericidade, %;

$a$  - maior eixo do fruto, cm; e

$b$  - eixo intermediário do fruto, cm.

### **3.4.2. Determinações físico-químicas**

#### **3.4.2.1. Teor de água**

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem das amostras em estufa a 105 °C até peso constante, segundo metodologia descrita por Brasil (2008).

#### **3.4.2.2. Atividade de água**

A atividade de água foi determinada através de leitura direta da amostra na temperatura de  $\pm 25$  °C, em higrômetro Aqualab, modelo 3TE, fabricado pela Decagon. Este equipamento aplica o princípio do ponto de orvalho, em que a água é condensada em superfície espelhada e fria, e detectada por sensor infravermelho.

#### **3.4.2.3. Acidez titulável**

Foi determinado por titulometria, utilizando-se solução de NaOH 0,1 M com indicador fenolftaleína até a obtenção de coloração rósea clara permanente, conforme metodologia Brasil (2008).

#### **3.4.2.4. pH**

Foi realizado utilizando um pHmetro Tecnocon (Modelo mPA – 210P/Versão 7.1), com inserção direta do eletrodo, conforme metodologia Brasil (2008).

#### **3.4.2.5. Açúcares redutores**

Foi determinado pelo do método do ácido Dinitrosalicílico (DNS) de acordo com a metodologia descrita por Miller (1959), por espectrofotometria com comprimento de onda de 540 nm.

#### **3.4.2.6. Açúcares totais**

A determinação foi realizada através do método de Antrona de acordo com a metodologia descrita por Yemm e Willis (1954), por espectrofotometria com comprimento de onda de 620 nm.

#### **3.4.2.7. Amido**

A determinação foi realizada conforme metodologia Brasil (2008).

#### **3.4.2.8. Cinzas**

A determinação do resíduo mineral fixo foi realizada por incineração em mufla à temperatura de 550 °C até peso constante e coloração que indique o final do processo, segundo a metodologia Brasil (2008).

#### **3.4.2.9. Minerais**

Os minerais foram quantificados através da técnica de espectrofotometria por absorção atômica Brasil (2008).

#### **3.4.2.10. Proteínas**

O teor de proteínas totais foi quantificado pelo método de digestão Kjeldahl com posterior destilação e titulação, que consiste na determinação do nitrogênio total. Para converter o resultado em proteína foi utilizado o fator 6,25, recomendado para proteínas de vegetais, de acordo com a metodologia descrita por Brasil (2008).

#### **3.4.2.11. Lipídeos**

A quantidade de lipídios foi determinada pelo método de Bligh e Dyer (1959) com algumas modificações. Foram pesados 5 g da pupunha e homogeneizados em potes de vidro hermeticamente fechados, com uma mistura de solvente constituída de 10 mL de clorofórmio e 20 mL de metanol em agitador magnético a 700 rpm por 30 min. Após completa

homogeneização uma única fase foi obtida procedendo-se a adição de mais 10 mL de clorofórmio e 10 mL da solução de sulfato de sódio a 1,5%, seguida de agitação por 2 min. A solução com a amostra foi transferida para um funil de separação, no qual ocorreu a formação do sistema bifásico. A camada inferior, ou seja, a fase orgânica rica em clorofórmio e que contém os lipídios, foi removida para um erlenmeyer de 100 mL, filtrada, e com o auxílio de pipeta volumétrica, 5 mL do filtrado foram transferidos para um bécker de 50 mL previamente tarado. Em seguida foram levados para a estufa a 80 ° C até evaporar o solvente (30-40 min). As amostras foram resfriadas em dessecador e pesadas em balança analítica.

### **3.5. Determinação dos compostos bioativos**

#### **3.5.1. Determinação dos compostos fenólicos**

Determinados a partir do método de Folin e Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006). Os extratos foram preparados a partir da diluição de 0,5 g da amostra de pupunha em 50 ml de água destilada e deixada em repouso por 1 hora. Uma alíquota de 250  $\mu$ L do extrato foi transferida para um tubo de ensaio, onde foram adicionados 1875  $\mu$ L de água destilada e 125  $\mu$ L do reagente folin ciocalteu. A mistura permaneceu em repouso por 5 min e logo após, foram adicionados 250  $\mu$ L de carbonato de sódio a 20%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 40 ° C, por 30 minutos. A curva padrão foi preparada com ácido gálico, e as leituras foram medidas em espectrofotômetro a 765 nm. O resultado foi expresso em mg de ácido gálico (100 g)<sup>-1</sup> da amostra.

#### **3.5.2. Flavonoides e antocianinas**

Para determinação dos flavonoides, pesou-se aproximadamente 1 g da amostra da pupunha, em seguida, foram adicionados 10 mL da solução extratora (etanol a 85% e ácido clorídrico 1,5 N, na proporção 85:15). Foi macerada a mistura por cerca de 1 minuto, recolhida em um tubo âmbar e armazenada sob refrigeração por 24 h. Em seguida, a amostra foi filtrada com algodão, e se completou o volume com a solução extratora para 10 mL. Realizou-se leitura no espectrofotômetro a um comprimento de onda de 374 nm para flavonoides calculado através da fórmula: fator de diluição x absorvância/76,6. Para a determinação de antocianinas, a leitura foi realizada em comprimento de onda a 535 nm, calculados através da fórmula: fator de diluição x absorvância/98,2 conforme Francis (1982).

### 3.5.3. Determinação das clorofilas totais e carotenoides

Foram determinados de acordo com Lichtenthaler (1987) e calculados pelas equações 5 e 6 cerca de 0,5 g de amostra foi macerada em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e 10 mL de acetona (80%). Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 10 °C a 3000 rpm por 10 min e os sobrenadantes foram lidos em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 646 e 663 nm.

$$\text{Carotenoides} = [(1000 \text{ Abs. } 470 - 1,82 \text{ Ca} - 85,02 \text{ Cb}) / 198] \times 100 / 1000 \quad (5)$$

$$\text{Clorofila total} = [(17,3 \text{ Abs. } 646 + 7,18 \text{ Abs. } 663) / \text{massa (g)}] \times 100 / 1000 \quad (6)$$

Onde:

$$\text{Ca} = [(12,21 \text{ Abs. } 663 - 2,81 \text{ Abs. } 646) / \text{massa (g)}] \times 100 / 1000 ;$$

$$\text{Cb} = [(20,13 \text{ Abs. } 646 - 5,03 \text{ Abs. } 663) / \text{massa (g)}] \times 100 / 1000 ; e,$$

Abs – absorbância.

### 3.6. Secagem por liofilização

Para a secagem por liofilização foram consideradas duas condições:

- A polpa dos frutos da pupunha *in natura* cortada e congelada.
- A polpa dos frutos da pupunha *in natura* submetida ao cozimento e congelada.

Os frutos da pupunha, foram cortados (espessura 5 mm aproximadamente) pesados e colocados em recipiente plástico com tampa e acondicionados no Freezer (Super Frost Free, marca: Eletrolux; modelo: FPE 24), a -18 °C, por 48 horas. em seguida, foram colocados nas bandejas do liofilizador de bancada marca: Liotop; modelo: L101, sob as condições de processo a -55 °C, por 72 h.

Depois de liofilizadas, as amostras das pupunhas cruas e cozidas foram trituradas em multiprocessador de bancada modelo BLD300 Pratic blender cadence ®, ambas com o intuito de obter um pó.

### 3.7. Determinações físico-químicas e bioativos dos pós liofilizados da pupunha

Os pós liofilizados foram caracterizados quanto ao teor de umidade, atividade de água ( $A_w$ ), cor, acidez titulável, pH, açúcares redutores e totais, amido, proteína, lipídeos, cinzas,

minerais, compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas, clorofilas totais e carotenoides (conforme metodologia descrita no item 3.4).

### 3.8. Secagem por convecção forçada de ar da pupunha

A secagem convectiva foi realizada em estufa com circulação de ar forçada (modelo MA 035/3IN250) ajustada para operar nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C em camada fina com espessura 3,0 mm e com velocidade do ar de secagem 0,72, 0,87 e 1,028 m/s, respectivamente. Tais temperaturas de secagem foram selecionadas baseadas nas faixas usualmente utilizadas para produtos agrícolas.

Os experimentos foram realizados em triplicata, e o teor de umidade final foi determinado pelo método gravimétrico. As amostras de pupunha foram retiradas periodicamente da estufa e pesadas em balança analítica até ser alcançar o equilíbrio dinâmico entre a amostra e o ar de secagem, atingindo um peso constante. Ao final de cada experimento, as amostras foram acondicionadas em estufa a 105 °C por 24 h para determinação do peso seco.

#### 3.8.1. Obtenção das curvas de secagem

As curvas de secagem foram obtidas pela conversão dos dados referentes à perda de água no parâmetro adimensional - razão de teor de umidade ( $\chi^*$ ), para as diferentes condições de secagem de pupunha em fatias, mediante a seguinte equação 7:

$$AD = \frac{X_{bs} - X_e}{X_{bs\ inicial} - X_e} \quad (7)$$

Onde:

$\chi^*$  - razão do teor de umidade (adimensional);

$X_e$  - teor de umidade de equilíbrio em base seca (bs);

$X_{bs}$  - teor de umidade em base seca (bs); e,

$X_{bs\ inicial}$  - teor de umidade inicial em base seca (bs).

### 3.8.2. Modelos para secagem convectiva

Os valores experimentais para a razão de umidade ao longo do tempo foram preditos por cinco modelos. Para os modelos empíricos, as cinco equações empíricas com, no máximo, dois parâmetros de ajuste, pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Modelos empíricos utilizados para prever a secagem das fatias da pupunha.

<b>Modelos</b>	<b>Expressões empíricas</b>	<b>Modelo</b>	
Logarítmico	$a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	Costa et al. (2011)	(8)
Henderson e Pabis	$a \cdot \exp(-b \cdot t)$	Diamante et al. (2010)	(9)
Modelo de Difusão	$a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	Akpinar et al. (2008)	(10)
Page	$RU = \exp(-k \cdot t^n)$	Page (1949)	(11)
Silva et alli	$\exp(-a \cdot t - b \sqrt{t})$	Silva et alli. (2013)	(12)
Wang e Singh	$1 + a \cdot t + b \cdot t^2$	Kaleta e Górnicki (2010)	(13)

t - Tempo de secagem (min); b, n - Constante de secagem; a - Coeficiente dos modelos; k - Coeficiente de secagem

Os modelos empíricos e semiempíricos da Tabela 3.1 foram ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem, utilizando-se o programa computacional Statistica 7.0® por meio de análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), (BARROS NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2003), qui - quadrado ( $X^2$ ) e o Erro relativo médio% (E), cuja definição encontra-se descrita pela equação 14 (LOMAURO; BAKSHI; LABUZA, 1985):

$$E = \frac{100}{N} \sum_N \frac{V_p - V_o}{V_o} \quad (14)$$

Onde:

E - Erro relativo médio (%);

$V_p$  - valores preditos pelo modelo;

$V_o$  - valores observados experimentalmente; e,

N - números de pontos experimentais.

$$\chi^2 = \sqrt[2]{\sum (X_{\text{exp}}^* - X_{\text{pre}}^*)^2} \quad (15)$$

Onde:

$\chi^2$  - qui-quadrado;

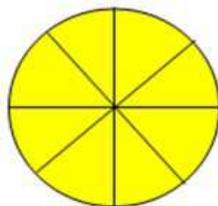
$X_{\text{pre}}^*$  - razão de umidade predita pelo modelo; e,

$X_{\text{exp}}^*$  - razão de umidade experimental.

### 3.9. Obtenção da pupunha passa

Os frutos da pupunha foram fatiados com espessura de 3 mm e cortadas em oito partes para serem utilizadas na elaboração de barras de cereal, conforme demonstrado na Figura 5.

**Figura 5** - Corte das pupunhas para secagem convectiva.



As amostras de passas de pupunha foram secas em estufa considerada as seguintes condições:

T1 - Pupunha crua seca a 50 °C;

T2 - Pupunha crua seca a 60 °C;

T3 - Pupunha crua seca a 70 °C;

T4 - Pupunha cozida seca a 50 °C;

T5 - Pupunha cozida seca a 60 °C; e,

T6 - Pupunha cozida seca a 70 °C.

### 3.10. Avaliação tecnológicas das passas de pupunha

Após a secagem convectiva, as amostras de pupunhas foram caracterizadas físico-quimicamente quanto aos parâmetros: cor ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ ), teor de umidade, atividade de água ( $A_a$ ), flavonoides, antocianinas, clorofilas totais e carotenoides totais (descritas nos itens 3.4 e 3.5).

Após a caracterização das passas, foi selecionada a temperatura de secagem que melhor conservou os constituintes da pupunha, para ser utilizada como ingrediente na formulação de barras de cereal enriquecidas com *whey protein*.

### 3.11. Elaboração de barra de cereal

#### 3.11.1. Lista de ingredientes

A formulação para desenvolvimento da barra de cereal consta dos seguintes ingredientes: passa de pupunha, *whey protein*, flocos de arroz, flocos de aveia, gordura vegetal, xarope de glucose, açúcar invertido, açúcar mascavo, lecitina de soja, amendoim, castanha, uva passa e gergelim. Na Tabela 4, encontra-se a formulação piloto da barra de cereal.

Tabela 4 - Formulação controle da barra de cereal.

<b>Ingredientes</b>	<b>Porção em 100 g (g)</b>
<b>Passas de pupunha<sup>1</sup></b>	-
<b><i>Whey protein</i><sup>2</sup></b>	-
Flocos de arroz	26,95
Flocos de aveia	6,72
Amendoim	7,17
Castanha de caju	5,38
Gergelim	5,38
Uva passa	4,48
Gordura vegetal	6,72
Xarope de glucose	30,49
Açúcar invertido	4,48
Lecitina de soja	0,31
Açúcar mascavo	1,70
Sal refinado	0,224

\*1 e 2 Conforme delineamento experimental.

#### 3.11.2. Elaboração da barra de cereal

Os ingredientes (xarope de glucose, açúcar invertido, açúcar mascavo, gordura e lecitina de soja) foram misturados e aquecidos a 105 ° C até atingir 85 ° Brix, até formar um xarope. Em outro recipiente, foram pesados todos os componentes secos (passas de pupunha, *whey protein*, flocos de arroz, flocos de aveia, castanha, amendoim, gergelim e uva passa).

Todos os ingredientes foram adicionados em um tacho maior, misturando as duas partes, xarope e os cereais. Depois de homogeneizados foram colocadas na máquina de cereal modelo *Nutritive Cereal Maker*, durante 10 min para adquirir seu formato e aguardou resfriamento por cerca de mais 10 min até temperatura ambiente, retirou-se da máquina e acondicionou-se em embalagem metalizada (composta de PET transparente/metalização/filme de polietileno de baixa densidade - PEDB) para determinação das análises físicas (textura) e caracterização centesimal.

### 3.12.3. Planejamento experimental

Para a elaboração das barras de cereal, foi realizado um planejamento fatorial, com os seguintes níveis de variação: variáveis independentes - passas de pupunhas e *whey protein*, variáveis dependentes - os parâmetros físicos (força, firmeza), teor de proteína e valor energético total.

A escolha do concentrado proteico na barra de cereal tem o objetivo de desenvolver um alimento direcionado para atletas, logo com uma quantificação proteica diferenciada. No planejamento experimental foram realizados sete experimentos, com três repetições no ponto central  $2^2 + 3$  pontos centrais um total de 7 experimentos, de acordo com a Tabela 5 abaixo:

Tabela 5 - Variáveis do planejamento experimental.

Variáveis independentes	Níveis		
	-1	0	1
Passas de pupunha (g)	5	12,5	20
<i>Whey protein</i> (g)	6	10,5	15

As quantidades do *whey protein* no planejamento foram estimadas de acordo com a quantidade para um produto ser considerado fonte de proteína e/ou enriquecido de proteína, de acordo com a RDC N° 54, de 12 de novembro de 2012. A quantidade de passa de pupunha, por sua vez, foi de acordo com testes preliminares. Logo abaixo, na Tabela 6 encontra-se a matriz do planejamento experimental com valores codificados e reais.

Tabela 6 - Matriz do planejamento experimental.

<b>Experimentos</b>	<b>Whey protein</b>	<b>Passas de pupunha</b>
1	-1 (6)	-1 (5)
2	+1 (15)	-1 (5)
3	-1 (6)	+1 (20)
4	+1 (15)	+1 (20)
5	0 (10,5)	0 (12,5)
6	0 (10,5)	0 (12,5)
7	0 (10,5)	0(12,5)

Os resultados foram avaliados pelo programa Statistic 7.0<sup>®</sup>, por meio de análise de variância (ANOVA) para testar a adequação dos modelos com significância determinada pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ).

#### 3.12.4. Caracterizações físicas das barras de cereal

Após serem formuladas, as sete barras de cereal, foram avaliadas quanto ao perfil de textura.

##### 3.12.4.1. Textura da barra de cereal

A análise de textura foi realizada pelo texturômetro (Figura 6) TAXT plus (Stable Micro Systems). Foram realizados testes de firmeza e teste de força máxima 1,0 N.

**Figura 6** - Texturômetro TAXT plus (Stable Micro Systems).



O teste de ruptura da barra de cereal foi realizado com o probe HDP/3PB com estrutura retangular de aço inoxidável, ajustado para um corte até 80% da amostra com uma força de contato de 1N, a distância de retorno foi de 17 mm e a velocidade de retorno de 2,0 mm s<sup>-1</sup>. As medições do teste foram realizadas no centro de cada barra de cereal a fim de obter um valor da força máxima de corte; o teste foi realizado com três repetições para cada amostra.

### **3.12.5. Caracterização físico-química e composição centesimal das barras de cereal**

As amostras de barra de cereal adicionadas de passas de pupunha e *whey protein*, foram caracterizadas quanto aos parâmetros: umidade (%), cinzas (%), proteínas (%), lipídeos (%) de acordo com a metodologia do item 3.4, carboidratos totais (%), teor de sódio mg (100 g)<sup>-1</sup> e valor calórico total (kcal/100 g).

#### **3.12.5.1. Carboidratos totais**

O teor de carboidratos totais (%) foi calculado pela diferença entre 100 e a soma das percentagens de umidade, proteína, lipídeos e cinzas.

#### **3.12.5.2. Teor de sódio**

Baseado na titulação dos cloretos com nitrato de prata, precipitando sob a forma de cloreto de prata, em pH levemente alcalino, de acordo com a metodologia Brasil (2008).

#### **3.12.5.3. Valor calórico total**

O valor calórico foi calculado multiplicando-se os valores obtidos pelos fatores de conversão adequados: proteínas e carboidratos por 4 Kcal (g)<sup>-1</sup> e lipídios por 9 Kcal (g)<sup>-1</sup> (BRASIL, 2008).

### **3.13. Delineamento experimental e análise estatística**

Os experimentos foram instalados segundo um delineamento inteiramente casualizado.

Os dados das características físicas e físico-química do fruto de pupunha *in natura* e do pó liofilizado foram avaliados por estatística descritiva, utilizando-se de medida de tendência central e de desvio-padrão.

A modelagem matemática para as passas de pupunha foi realizada pelo programa estatístico @programa Statistic 7.0.

Após a secagem da pupunha passa para sua caracterização físico-química foram utilizados os seguintes tratamentos:

T1 - Pupunha crua seca a 50 °C;

T2 - Pupunha crua seca a 60 °C;

T3 - Pupunha crua seca a 70 °C;

T4 - Pupunha cozida seca a 50 °C;

T5 - Pupunha cozida seca a 60 °C, e,

T6 - Pupunha cozida seca a 70 °C.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados foram analisados utilizando-se o Programa Computacional Sisvar (FERREIRA, 2000).

Para a avaliação do planejamento experimental para as formulações das barras de cereal, assim como, para modelagem matemática foi utilizado o @programa Statistic 7.0 e avaliação da caracterização foi por teste Tukey, com nível de 5% de significância.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Análise de toxicidade da pupunha

Nos ensaios realizados com a *Artemia salina* L., foi avaliado a taxa de mortalidade com diferentes concentrações da pupunha. Nas Tabelas 7 (para a amostra *in natura* e cozida) estão representados os ensaios realizados.

Tabela 7 - Mortalidade e taxa de *Artemia salina* L. nas concentrações testadas para a avaliação toxicológica da pupunha *in natura* (A1) e cozida (A2).

Concentração da amostra (mg.mL <sup>-1</sup> )	<i>In natura</i>		Cozida	
	mortalidade*	Taxa de mortalidade (%)**	mortalidade*	Taxa de mortalidade (%)**
1000	5 ± 1,15	50	3 ± 2,88	30
500	0 ± 0,00	0	3 ± 2,64	30
250	0 ± 0,00	0	0 ± 0,00	0
125	0 ± 0,00	0	0 ± 0,00	0
62,5	0 ± 0,00	0	0 ± 0,00	0
31,25	0 ± 0,00	0	0 ± 0,00	0
0	0 ± 0,00	0	0 ± 0,00	0

\*Média e desvio padrão; \*\*Números de organismos vivos x 100/ número total de organismos no tubo (10)

De acordo com Nguta et al. (2011) extratos orgânicos tanto quanto extratos aquosos com valores de DL50 menores que 100 µg (mL)<sup>-1</sup> apresentam alta toxicidade, DL50 entre 100 e 500 µg (mL)<sup>-1</sup> apresentam toxicidade moderada, DL50 entre de 500 e 1000 µg (mL)<sup>-1</sup> apresentam fraca toxicidade e DL50 acima de 1000 µg (mL)<sup>-1</sup> são considerados atóxicos (não tóxicos).

De acordo com os resultados da Tabela 8, são obtidos os resultados das amostras avaliadas *in natura* e cozida, obtendo resultado concentração de DL<sub>50</sub> de 1038,712 e 1201,207 µg mL<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabela 8 - Concentração em DL50 para as amostras de pupunha *in natura* e cozida.

Amostras	DL <sub>50</sub> (µg mL <sup>-1</sup> )
Pupunha A1 - <i>in natura</i> (crua)	1038,712
Pupunha A2 – cozida	1201,207

As amostras de pupunha não apresentaram toxicidade frente à *Artemia salina* L., uma vez que os valores do DL50 foi maiores que 1000 µg m L<sup>-1</sup>. De acordo com Meyer et al.

(1982) as substâncias que são consideradas tóxicas são aquelas que apresentam valores de DL50 abaixo de  $1 \mu\text{g mL}^{-1}$ ppm em *Artemia salina* L.

Andrade et al. (2013), avaliando a toxicidade com a *Artemia salina* L. para as nanofibrilas produzida a partir de resíduos do palmito da pupunha, não verificaram caráter tóxico para este micro crustáceo em concentrações de até  $50 \text{ g L}^{-1}$ , ou melhor, foram tidos como fonte de nutrientes.

Costa et al. (2009) em seus estudos avaliaram a toxicidade do óleo essencial de *Croton zehntner*. Os ensaios foram realizados com diferentes concentrações (250, 125, 100, 75  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). Os resultados encontrados para DL<sub>50</sub> menor de  $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$ , considerando uma amostra tóxica diferente do que foi observado para a pupunha, a qual viabiliza sua utilização para processamentos alimentares.

## 4.2. Determinações física e fisico-química dos frutos da pupunha

### 4.2.1. Avaliação física dos frutos *in natura*

Na Tabela 9, encontra-se os parâmetros físicos relacionados ao fruto *in natura* da pupunha.

Tabela 9 - Caracterização física dos frutos *in natura* da pupunha.

<b>Determinações físicas</b>	<b>Média e desvio padrão</b>
Luminosidade (L*)	44,11±0,145
Intensidade de vermelho (a*)	41,0425±0,038
Intensidade de vermelho (b*)	40,91± 0,305
Massa do fruto (g)	28,256±2,228
Diâmetro longitudinal (mm)	38,100±0,117
Diâmetro transversal (mm)	35,370±0,108
Volume do fruto (cm <sup>3</sup> )	26,339±2,091
Massa específica real (g cm <sup>-3</sup> )	1,074±0,036
Esfericidade (%)	96,36 ±1,854

Os dados são a média de três repetições ± desvio padrão.

A pupunha são culturas selvagens e domesticadas com frutos com diversidades de tamanhos e cores (Cristo-Araújo et al. 2015). Caracterizada como uma polpa levemente laranja (Santos et al. 2017), que quando apresenta maior valor a\* (possui coloração vermelho mais forte) e quando o valor b\* mais baixo (cor amarela mais fraca) como pode ser observado

na Tabela 4.3 para o fruto *in natura*. Os valores obtidos para os frutos inteiros deste estudo diferiram dos encontrados para os frutos das pupunhas cultivadas na Costa Rica com resultados para L\* entre 74,7 e 76,3, a\* entre 14,80 e 18,9 e b\* 50,16 e 60,51 (ROJAS-GARBANZO et al., 2016).

A massa dos frutos foi de 28,256 g, valor próximo ao encontrado por Ferreira e Pena (2003), que encontraram uma média de 30,60 g para frutos adquiridos em feiras livres no estado do Pará. Clement e Santos, (2002) relataram valores entre 47 até 75 g em frutos adquiridos em Manaus. Outro fator que aumenta a massa dos frutos é o fato dos frutos da pupunha conter caroços.

Os valores observados para os diâmetros longitudinal e transversal apresentaram valores entre 38,10 e 35,37 mm, respectivamente, diferenciando de Carvalho et al. (2013) com valores variando de 29,72 a 51,27 mm.

O volume do fruto, a massa específica e esfericidade obtiveram valores de 26,34 cm<sup>3</sup>, 1,07 g cm<sup>-3</sup> e 96,37% respectivamente. Estes são parâmetros ainda escassos na literatura. Porém, estes colaboram para estudos quanto ao seu armazenamento, dimensionamento para projetar equipamentos seja na colheita ou no processamento, visto que, essa cultura possui uma diversidade de nutrientes para ser processados.

### 4.3. Determinações físico-químicas da pupunha

Os resultados da caracterização físico-química da pupunha *in natura* e cozida encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores médios das características físicas e físico-químicas da pupunha *in natura* e cozida.

<b>Determinações Físico-químicas</b>	<b>Pupunha <i>in natura</i></b>	<b>Pupunha cozida</b>
Teor de água (% b.u.)	49,491±0,021	68,994±0,332
Atividade de água (A <sub>a</sub> )	0,954±0,006	0,949±0,001
<sup>1</sup> Cinzas	1,043±0,036	0,516±0,016
Luminosidade (L*)	69,26±0,160	61,463±0,029
Intensidade (-a*)	20,60±0,119	19,327±0,011
Intensidade (+b*)	43,31±0,470	62,407±0,076
<sup>2</sup> Acidez	0,540±0,0316	0,423±0,068
Ph	6,20±0,004	6,41±0,0133
<sup>1</sup> Açúcares não redutores	18,055±0,1763	14,232±0,9105

Continua...

<b>Determinações Físico-químicas</b>	<b>Pupunha <i>in natura</i></b>	<b>Pupunha cozida</b>
<sup>1</sup> Açúcares redutores	0,209± 0,002	0,172±0,004
<sup>1</sup> Açúcares Totais	18,265±0,176	14,403±0,9105
<sup>1</sup> Amido	9,790±0,008	7,305±0,072
<sup>1</sup> Lipídeos	15,230±0,231	9,797±0,044
<sup>1</sup> Proteína	3,470±0,093	3,016±0,018

Os dados são a média de três repetições ± desvio padrão 1- valores expressos em g (100 g)<sup>-1</sup>; 2- valores expressos em g.100 g<sup>-1</sup> de ácido cítrico.

Verificou-se diferença significativa entres as amostras com valores entre 49,491 e 68,99 g (100 g)<sup>-1</sup> nos resultados de teor de água das pupunhas *in natura* e cozida, valores que descrevem amostras com grandes quantidades de água e susceptível ao ataque de microrganismos. Valores semelhantes foram relatados por Carvalho et al. (2013) com valores entre 43,9 a 65,39 g (100 g)<sup>-1</sup>, para diferentes variedades de pupunha. Ferreira e Pena (2003) obtiveram também apresentaram valores diferenciados para a pupunha crua e semelhante para a amostra cozida de 68,5 e 64,8 g (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente.

A atividade de água das amostras crua e cozida apresentaram valores próximos de 1,0, demonstrando grandes chances de sofrer deterioração mais rápida, e esses valores são preventivos para desta forma determinar algum sistema para melhor conserva-los (FERREIRA; PENA, 2003). Porém, na amostra cozida, foi observado valor menor (0,70) e isso pode ter ocorrido, pela ação do cozimento, visto que, houve uma abertura dos poros e fibras da amostra de pupunha.

Os valores encontrados para cinzas (1,0433 e 0,5165 g/100g) para as amostras crua e cozida, foram semelhantes para a cozida como os comparados com Pires, (2013), apresentando valores de 0,45 g para pupunha crua e 0,57 g para cozida, assim como, nos estudos realizados por Andrade et al. (2003), que foram obtidos percentuais de 0,72 g para polpa de frutos de pupunha *in natura* e 0,50 g para polpa cozida, diferindo apenas para *in natura* que são de locais diferentes. Os resultados mostraram que o cozimento reduz os teores de cinzas, logo a quantidade de minerais na amostra.

A acidez titulável não foi influenciada pelo cozimento da amostra. Silva et al. (2013) em estudo com pupunha, verificaram resultados de 0,53 g (100 g)<sup>-1</sup>. Melo et al. (2017), verificaram variação da acidez na pupunha *in natura* com valores variando entre 2,32 e 7,28 g (100 g)<sup>-1</sup> valores considerados altos, porém, este fator pode ser ocasionado devido ao grau de maturação, condições climáticas e adubação.

O pH foi influenciado pelo cozimento da amostra, com valores entre 6,20 e 6,41. Rojas-Garbanzo et al. (2016) ao estudarem sobre a variabilidade de cinco lotes de frutos de pupunha da Costa Rica, verificaram valores de pH entre 4,50 e 5,91, divergindo dos valores encontrados neste estudo (Tabela 10), essa maior variabilidade, pode ser ocasionada pela diferenças de significância observadas entre regiões devido as condições edafoclimáticas de cada região.

Na Tabela 10, verificou-se que houve diferença significativa entre a pupunha *in natura* e cozida sobre as coordenadas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ). Observou-se que a luminosidade diminuiu significativamente com o cozimento da pupunha, constatando-se que amostra cozida apresentou cor mais escura, já a pupunha *in natura* apresentou cor mais clara. A intensidade vermelha (+a) também foi reduzida com o cozimento da pupunha. A intensidade de amarelo (+b) aumentou significativamente com o cozimento da pupunha.

Pires (2013) verificou que após submeter amostra de pupunha em tratamento térmico a intensidade do parâmetro (+b\*) se elevou concordando com os valores da Tabela 4.4, ou seja, durante este processo de cozimento e/ou quaisquer tratamento térmico (branqueamento) os carotenoides modificam sua estrutura, como descreve (DAMODARAN et al. 2010), descrevendo que os produtos vegetais branqueados exibem um aumento no conteúdo de carotenoides em seus tecidos e advém da inativação da lipoxigenase, que é responsável por catalisar de modo indireto a decomposição oxidativa dos carotenoides.

Os açúcares redutores, não redutores e totais diferiram estatisticamente entre as amostras analisadas, com maiores valores encontrados na polpa *in natura*. Valores superiores aos encontrados neste estudo para o teor de açúcares totais foram relatados por Santos et al. (2017) em frutos provenientes da Amazônia, que foi de 60,42%. Carvalho et al. (2008) relatam que características genéticas, climáticas, condições, tipo de solo, nutrição vegetal podem influenciar na quantidade de açúcar dos frutos

Na Tabela 10 observou-se diferença significativa entre as amostras para o teor de amido, com menor valor para a amostra cozida  $7,31 \text{ g (100 g)}^{-1}$ . Foi verificado que após o cozimento o amido presente na amostra, passa pelo processo de hidrólise, induzindo ao amolecimento, ou seja, o tecido do fruto quando aquecido seus grânulos de amidos semicristalizados ocupam a água disponível no interior da célula, sofrendo a gelatinização (Damodaran et al. 2010), fato este que corrobora nos estudos de Andrade et al. (2003) em que houve uma redução no teor de amido, porém as quantidade de amidos foram consideravelmente superiores com valores de 44,32 e 35,69  $\text{g (100 g)}^{-1}$ , crua e cozida respectivamente.

O teor de lipídeos diferiu significativamente entre as amostras analisadas, com maiores valores para os frutos *in natura*. O teor de lipídeos variou entre 15,23 e 9,80 g (100 g)<sup>-1</sup> valores próximo aos obtidos por Melo et al. (2017) para frutos de pupunha (4,21 a 21,74 g (100 g)<sup>-1</sup>. Andrade et al. (2003) obtiveram teor de lipídios de 5,93 e 4,52 g (100 g)<sup>-1</sup> para amostra crua e cozida, respectivamente. Clement et al. (1988), relataram que cultivares de pupunha podem servir como base para estudos da produção de óleo vegetal.

O teor de proteínas diferiu significativamente entre as amostras analisadas, com valores entre 3,47 e 3,02 g (100 g)<sup>-1</sup>, para a pupunha crua e cozida, respectivamente. Os valores encontrados para proteínas são considerados expressivos quando comparados com outras espécies vegetais. Melo et al. (2017) encontraram para pupunha *in natura* média de 3,96 g (100 g)<sup>-1</sup> de proteína. Carvalho et al. (2013) verificaram valores de proteína variando entre 4,20 e 6,79 g (100 g)<sup>-1</sup> para pupunha. As diferenças destes resultados podem estar relacionadas com os fatores edafoclimáticos de cada região de cultivo.

#### 4.4. Determinação dos bioativos da matéria-prima *in natura*

Os resultados da caracterização dos bioativos da pupunha *in natura* e cozida encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores médios dos bioativos da pupunha *in natura* e cozida.

Tratamentos	Características avaliadas				
	CFT µg (g) <sup>-1</sup>	Flavonoides µg (g) <sup>-1</sup>	Antocianinas µg (g) <sup>-1</sup>	Clor.Totais µg (g) <sup>-1</sup>	Carotenoides µg (g) <sup>-1</sup>
PIN	23227,17±1,021	19610,87±0,042	6707,57±0,345	2,34±1,293	15,62±0,317
PCZ	25137,54±1,541	5949,83±0,035	188,68±1,012	2,69±0,046	26,46±0,167

Os dados são a média de três repetições ± desvio padrão; CFT- compostos fenólicos totais; Clor. Totais – clorofila totais; PIN- pupunha *in natura*; PCZ – pupunha cozida.

Os conteúdos de compostos fenólicos totais aumentaram significativamente com o cozimento da pupunha, com valores entre 23227,17 e 25137,54 µg de ácido gálico (g)<sup>-1</sup> na polpa crua e cozida, respectivamente. As polpas dos frutos açaí (SANTOS et al., 2008) foram de 18295 a 59855 µg ácido gálico (g)<sup>-1</sup> e para amora preta (FERREIRA et al., 2010) de 141700 µg ácido gálico (g)<sup>-1</sup>. Esses são resultados são inferiores aos valores observados para polpa de pupunha no presente estudo. Sabe-se que a concentração de compostos fenólicos de um alimento pode variar conforme as condições geográficas e ambientais da região de origem, e os fatores fisiológicos e genéticos da planta (ALVES, 2013; SEPTEMBRE-MALATERRE et al., 2018).

Nos estudos com frutos da pupunha cultivados na Costa Rica foram obtidos resultados para os compostos fenólicos  $38500 \mu\text{g GAE (g)}^{-1}$ , valores estes superiores aos encontrados neste estudo, devido as diferenças de regiões e cultivares que são determinantes para as quantificações desses compostos (ROJAS-GARBANZO et al., 2016).

Verificou-se que a quantidade de flavonoides foram superiores para a amostra *in natura*. A estabilidade dessas estruturas químicas glicosiladas pode contribuir para maior extração desses compostos em amostras, em alguns casos, superando com conteúdo fenólico como pode ser observado na Tabela 4.5 (CAVALCANTE et al., 2017).

As antocianinas são responsáveis pelo azul, vermelho e cores violetas da maioria das frutas o que comprova os reduzidos valores com o cozimento da pupunha. Relatos de Siqueira et al. (2017) para polpa de açaí expressivos conteúdos de antocianinas  $(34910 \mu\text{g (g)}^{-1})$  quando comparados com as amostra de pupunha deste estudos. Nos estudos de Cavalcante et al. (2017) o conteúdo de antocianinas com o FEIJÃO-CAUPI obteve  $2000 \mu\text{g (g)}^{-1}$  para amostra *in natura* e para a mesma amostra cozida não detectou antocianinas, fato diferente para as amostras de pupunha.

Nos estudos de Rêgo Júnior et al. (2011) relataram para a *Erythrina velutina*, espécie da caatinga valores de  $124900 \mu\text{g (g)}^{-1}$  para as antocianinas e  $592100 \mu\text{g (g)}^{-1}$ , para os flavonoides.

As determinações de clorofila como vistas na Tabela 4.5 não foram significativas em quantidade, visto que, as polpas de pupunha tem coloração voltada para amarelo e vermelho, porém é destaque que os vegetais folhosos verdes também contêm carotenoides, mas sua cor é mascarada pela clorofila verde (DAMODARAN et al. 2010).

Os carotenoides são estruturas importantes para alimentação, principalmente pelo  $\beta$ -caroteno, precursor de provitamina A (BASTOS et al., 2016). Foi observada uma intensidade maior quando a amostra cozida e seus resultados mostram que obteve  $2,69 \mu\text{g (g)}^{-1}$  para amostra crua e  $2,34 \mu\text{g (g)}^{-1}$  para a amostra cozida, porém não diferiram estatisticamente entre si, fatores como a maturação pode ocasionar diferença no conteúdo dos carotenoides. Resultados obtidos neste estudo foram inferiores aos de Rêgo Júnior et al. (2011) em extratos brutos da espécie vegetal da caatinga *Amburana cearenses* que foi de  $100 \mu\text{g (g)}^{-1}$  inferior aos obtidos por Barros et al. (2017) no potencial de compostos bioativos do resíduos de frutos exótico Achachairu com  $900 \mu\text{g (g)}^{-1}$ .

De acordo com Rojas-Garbanzo et al. (2016) o conteúdo de carotenoides pode estar relacionado aos parâmetros de cores (cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$ ), tanto na casca como na polpa do fruto, pois a estrutura dos carotenoides compreende ligações duplas, na qual são capazes de

originar as cores (laranja e vermelho) e compostos com mais dupla e geram uma cor mais intensa.

## 4.5. Liofilização

### 4.5.1. Caracterização físico-química dos pós liofilizado da pupunha

Os resultados das análises físico-químicas dos pós de pupunha obtidos por liofilização se encontram na Tabela 12.

Tabela 12 - Caracterização físico-química dos pós de pupunha liofilizados.

Determinações Físico-química	FLIN <sup>1</sup>	FLCZ <sup>2</sup>
Teor de água (% b.u.)	2,880± 0,027	0,810±0,211
Atividade de água (A <sub>a</sub> )	0,133±0,009	0,059±0,009
Cinzas <sup>3</sup>	1,808±0,192	2,458±0,284
Luminosidade (L*)	77,43±0,087	71,53±0,100
Intensidade (+a*)	8,61±0,153	16,737±0,116
Intensidade (+b*)	38,99±0,164	59,02±0,544
Acidez <sup>4</sup>	1,035±0,045	1,162±0,017
pH	6,253±0,098	6,020±0,026
Açúcares total <sup>3</sup>	10,515±0,034	8,924±0,071
Açúcares redutores <sup>3</sup>	0,321±0,005	0,320±0,008
Açúcares não redutores <sup>3</sup>	10,194±0,021	8,604±0,006
Amido <sup>3</sup>	46,721±0,017	50,372±0,013
Lipídeos <sup>3</sup>	20,420±0,14	21,551±1,591
Proteína <sup>3</sup>	7,573±0,09	7,281±0,198

Os dados são a média de três repetições ± desvio padrão; <sup>1</sup>Frutos em pó Liofilizado com pupunha *in natura*; <sup>2</sup>Frutos em pó liofilizado com pupunha cozida; <sup>3</sup>Resultados expressos em g. 100g<sup>-1</sup>; <sup>4</sup>Resultados expressos em g. 100 g<sup>-1</sup> de ácido cítrico.

Na Tabela 12 verificou-se que o teor de umidade da pupunha liofilizada diferiu entre os tratamentos utilizados, com menor teor observado para o pó obtido a partir da pupunha cozida. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1969), designa valores de teor de umidade até 5% para frutos liofilizados em pó. É possível verificar que para umidade foram obtidos valores de 2,880 e 0,810%, para as amostras liofilizada crua (FLIN) e cozida (FLCZ) respectivamente, estando de acordo com a legislação. Observou-se que ambos os frutos liofilizados em pó, são bastante higroscópicos, verificando-se a partir da trituração, que são formados grumos com absorção de umidade do ambiente, igualmente ao que descreve

Crocetti et al. (2016) com farinha de beterraba liofilizada. Desta forma, deve ser destacada a importância da minimização de água livre para ataques microbiológicos, obtendo uma maior estabilidade com as duas amostras.

Moreira et al. (2013) estudando manga liofilizada relataram valor de teor de umidade igual a 3,14% valor próximo ao encontrado para o tratamento FLIN. Souza et al. (2011) estudando diferentes geometrias do abacate durante a liofilização, observaram diferentes teores de água. Para os formatos de disco, cubo paralelepípedo foram obtidos valores de umidade igual a 0,088; 0,032; 0,057 e 0,109 g água por 100 g, respectivamente.

A atividade de água diferiu estatisticamente entre os tratamentos, com menor valor observado para a amostra FLCZ (0,06) A atividade de água ( $A_a$ ) descreve o comportamento de uma variável que atesta a qualidade quanto à influência de fatores externos e por meio dela podemos prevenir o ataque de microrganismos, reações bioquímicas e enzimáticas, variáveis estas, extremamente importantes para o controle de qualidade de farinhas (FERREIRA; PENA, 2003). Alves et al. (2008) em estudos com pequi liofilizado verificou  $A_a$  igual a 0,150 atestando estabilidade ao pó.

As cinzas, seus resultados diferiram significativamente de acordo com o tipo de amostra FLIN e FLCZ, mas, podemos observar que com a obtenção da farinha de pupunha houve concentração dos nutrientes, podendo ser utilizada como suplementação em outros produtos e/ou farinhas. No trabalho de Kaefer et al. 2013, para as farinha de pupunha já processada por produtores da região norte, encontraram valores inferiores as amostras liofilizada para farinha com casca 1,43 g (100 g)<sup>-1</sup> e sem casca 1,51 g (100 g)<sup>-1</sup>. Já Bolanho et al. 2015, nos estudos com farinha de palmito de pupunha seca por estufa, obteve 4,89 g (100 g)<sup>-1</sup> e Crocetti et al. 2016 com beterraba liofilizada quantificou 7,68 g (100 g)<sup>-1</sup> de resíduo mineral fixo.

Verificou-se, pela avaliação dos parâmetros da cor, representados pela luminosidade ( $L^*$ ) cromaticidade ( $a^*$  e  $b^*$ ), diferenças significativas entre as amostras. A luminosidade ( $L^*$ ), de acordo com os dados da Tabela 4.6 obteve valores superiores aos estudos com pequi ( $L^*= 54,43$ ) ao autor referenciado anteriormente e  $L^* = 65,80$  na avaliação de polpa de manga liofilizada como descreve Moreira et al. (2013) em seus estudos. A cor é intensificada com o uso da liofilização, ou seja, pelo uso de baixas temperaturas durante a secagem, preservando desta forma os pigmentos dos frutos. No entanto, a coordenada de cromaticidade ( $b^*$ ) obteve destaque na intensidade da cor amarela com valores entre 38,99 e 59,02 para FLIN e FLCZ, respectivamente. Valores inferiores foram encontrados por Oliveira (2016) em cajá ( $b^*= 24,09$ ), submetida à liofilização.

A acidez titulável apresentou diferença significativa, entre as polpas liofilizadas. Oliveira et al. (2014), realizou a caracterização para polpa de cajá liofilizada, obteve acidez de 9,11 g (100 g)<sup>-1</sup> em ácido cítrico.

Com relação ao pH houve diferença significativa, demonstra um fruto com baixa acidez (pH > 4,5). Comportamento semelhante ao relatado por Souza et al. (2011) para o abacate liofilizado (6,77). Resultados diferentes dos encontrados por Moreira et al. (2013) para a manga liofilizada (3,75).

Os açúcares totais obtidos foram 10,515 e 8,924 g (100 g)<sup>-1</sup> para FLIN e FLCZ respectivamente, correspondendo a 69,132 g (100 g)<sup>-1</sup> de carboidratos, resultados estes, próximos aos encontrados nos estudos com os frutos da pupunha com 75,18 g 100 g<sup>-1</sup> por Melo et al. 2017 e Bastos et al. (2016), para farinha extrusada de pupunha amarela que obteve 72,2 g (100 g)<sup>-1</sup> de carboidratos nos seus estudos.

De acordo com Bolanho et al. (2015) as farinhas processadas de pupunha possuem alto nível de polissacarídeos não amiláceos e, conseqüentemente, são importante como fonte de fibra dietética para inclusão em outros alimentos, tais como cereais e para produtos de panificação.

Na Tabela 10 observou-se que a pupunha possui grande quantidade de amido, com valores entre 46,721 e 50,372 g (100 g)<sup>-1</sup> para as amostras FLIN e FLCZ, respectivamente. Melo Neto et al. (2015) ao investigarem as características químicas e propriedades funcionais do amido extraído da pupunheira constataram semelhança aos tradicionais amido de mandioca e milho e que podem ser utilizados e aplicados em outros produtos.

Verificou-se maior teor de lipídeos para o tratamento FLCZ (21,551 g (100 g)<sup>-1</sup>) FLIN (20,420 g (100 g)<sup>-1</sup>). Crocetti et al. (2015) em farinha de beterraba liofilizada encontraram teor igual a 0,90 g (100 g)<sup>-1</sup>.

Quanto ao teor de proteína para as amostras FLIN e FLCZ não houve diferença significativa, mas sua quantidade é bastante expressiva, superiores aos reportados por Kaefer et al. (2013); Ferreira e Pena (2003) em estudos com secagem em estufa de pupunha, em geral entre 4,10 e 6,60 g (100 g)<sup>-1</sup> para diferentes variedades. Esta diferença pode estar relacionada à diferença de processamento e tipos de amostras.

#### **4.5.2. Bioativos dos frutos em pó liofilizado da pupunha**

Os resultados dos bioativos dos frutos liofilizados em pó da polpa de pupunha *in natura* e cozida obtida por liofilização se encontram na Tabela 13.

Tabela 13 - Caracterização dos bioativos dos pós de pupunha liofilizados.

Trat.	Características avaliadas				
	CFT $\mu\text{g (g)}^{-1}$	Flavonoides $\mu\text{g (g)}^{-1}$	Antocianinas $\mu\text{g (g)}^{-1}$	Clor.Totais $\mu\text{g (g)}^{-1}$	Carotenoides $\mu\text{g (g)}^{-1}$
PIN	3180870 $\pm$ 2,312	20983,378 $\pm$ 1,213	8200,810 $\pm$ 1,580	3,752 $\pm$ 0,028	36,456 $\pm$ 0,552
PCZ	3018323 $\pm$ 1,920	19736,490 $\pm$ 1,512	4555,130 $\pm$ 1,008	3,440 $\pm$ 0,393	32,376 $\pm$ 0,230

Os dados são a média de três repetições  $\pm$  desvio padrão; Trat.- Tratamentos; CFT- compostos fenólicos totais; Clor. Totais – clorofila totais; PIN- pupunha in natura; PCZ – pupunha cozida.

Na Tabela 13 foram verificados maiores teores de compostos fenólicos no tratamento de pupunha crua 3180870  $\mu\text{g (g)}^{-1}$ . Deng et al. (2014) em extratos de folhas de mirtilo encontraram teor de compostos fenólicos variando de 67150 a 349170  $\mu\text{g GAE (g)}^{-1}$ , geralmente os extratos para obtenção dos fenólicos podem ser afetados pelo método de extração e o solvente utilizado para extração e isso pode ter efeito na quantidade encontrada.

Materska (2014) na avaliação de compostos fenólicos totais em pimentas foi observado que para variedade capel hot aumentou o conteúdo fenólico em 55% depois de liofilizada, descrevendo que o efeito da pimenta liofilizada possui uma maior porosidade amostras liofilizadas podem aumentar sua suscetibilidade a fatores externos.

Rezende et al. (2018) verificaram na acerola liofilizada, conteúdo de flavonoides totais, variando entre 226530 e 551500  $\mu\text{g (g)}^{-1}$ , e antocianinas variando entre 2000 e 11160  $\mu\text{g (g)}^{-1}$ , resultados estes superiores aos observados na Tabela 11, mas deve-se enfatizar fatores determinantes entre as amostras o uso de baixa temperaturas, promovendo a intensidade de coloração, porém ambas são fontes dos nutrientes em destaque. Godoy et al. (2013) observou que na polpa de umbu liofilizada a quantidade de flavonoides atribuída na amostra deve-se à diferença no processo de obtenção da polpa e quanto à própria composição da matéria-prima original, mas, o congelamento, foi decisivo para a alteração do perfil qualitativo e quantitativo dos flavonoides da polpa de umbu, o que pode ser fator determinante quanto a qualidade do produto final.

Os carotenoides representam diferença significativa entre os tratamentos com valores entre 36,456 e 32,376  $\mu\text{g (g)}^{-1}$ . Medeiros et al. (2012) relatam que quando existe a deficiência de vitamina A na alimentação norte e nordeste do país a utilização desses produtos (pós e farinhas) pode trazer enriquecimento a alimentação humana, em seus estudos com farinhas mista de cultivares diferentes de pupunhas, nos estudos foram obtidos variações de carotenoides de 98 a 210  $\mu\text{g (g)}^{-1}$ . Bastos et al. (2016) com a farinha crua extrusada de pupunha amarela obteve conteúdo de carotenoides totais de 12,2  $\mu\text{g (g)}^{-1}$ . Song et al. (2018) descreve que as degradações de carotenoides são predominantes em  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno e

luteína por influência da temperatura bem como, pela presença de oxigênio, fato este que pode ser observado na Tabela 4.7 de forma positiva, pois as baixas temperaturas intensificaram o conteúdo de compostos fenólicos totais quando comparados com a mesma amostra neste trabalho mas *in natura* observado na Tabela 4.5.

Para avaliação da qualidade do pó liofilizado de pupunha crua e cozida, para possibilidade de comercialização, foi realizado estudo da vida de prateleira, visto que, o pó liofilizado, demonstra uma alternativa viável de acordo com os nutrientes obtidos na sua caracterização descrita anteriormente.

#### 4.6. Secagem convectiva

A secagem de frutos e hortaliças são práticas utilizadas há décadas, com os propósitos de preservar e conservar produtos vegetais por maior tempo. A minimização da atividade de água desses produtos reduz o teor de umidade livre, que tem por princípio mantê-los isento de proliferação microbiana.

Com isso, determinar o estudo de parâmetros e características desses produtos vegetais secos, proporciona uma melhor forma de armazená-los, determinar faixas e temperaturas de secagem, tempo de processo, dimensionamento de equipamentos e uma forma produtiva de aproveitamento sem diminuir as características funcionais e de qualidade do produto. No Apêndice A, encontram-se as Tabelas dos dados experimentais.

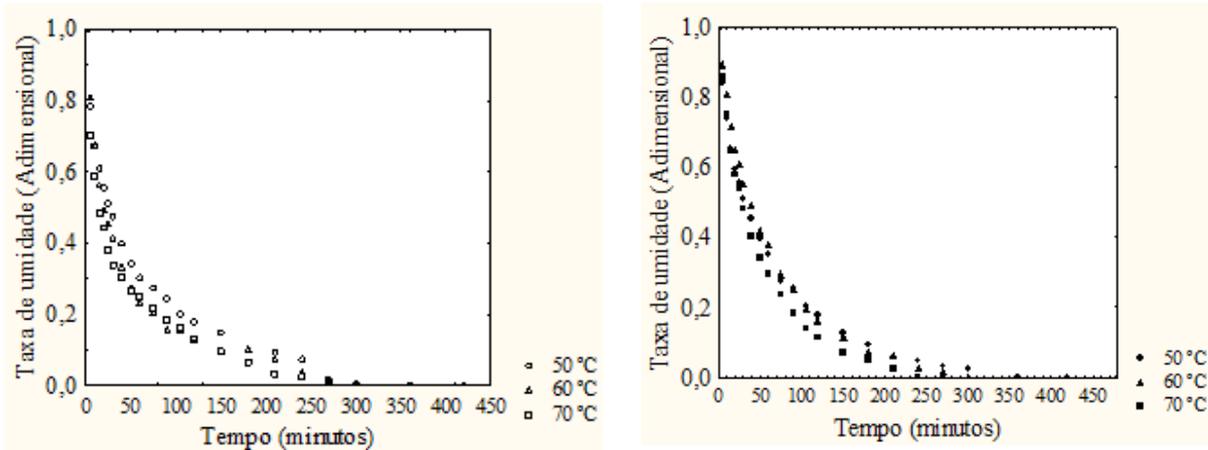
##### 4.6.1. Curvas de secagem

Na Figura 7 são apresentados os dados experimentais referentes às secagens das amostras de pupunha crua e cozida para cada uma das temperaturas do ar de secagem 50, 60 e 70 °C.

**Figura 7** - Cinética de secagem das passas de pupunha com 3 mm de espessura processada crua (a) e cozida (b) nas temperaturas 50, 60 e 70 °C.

(a)

(b)



Os processos de secagem foram finalizados quando os produtos secos obtiveram peso constante, ou seja, quando atingiu o equilíbrio dinâmico entre a umidade da amostra e o ar de secagem (EL-AOUAR, 2001).

As suas umidades de equilíbrio das passas de pupunha *in natura* (PIP) variaram com valores entre 14,039%, 12,300% e 8,508% e as passas de pupunha cozida (PCZP) de 9,207%, 7,738% 4,556% para as temperaturas de 50, 60 e 70 ° C, respectivamente nas duas amostras. Ambas descreveram o comportamento dentro dos limites de umidade proposto pela legislação Brasileira (BRASIL, 2005), no qual, consta que para produtos secos e processados na forma de farinha o máximo permitido é de 25%.

O aumento da temperatura diminuiu considerável o tempo de secagem, como pode ser observado na Figura 7 sendo a temperatura a variável responsável pela transferência de massa das passas. Para a velocidade média medida na estufa de secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70 ° C obteve 0,72, 0,87 e 1,028 m/s, respectivamente, e dessa forma influenciando minimamente para a secagem dos produtos.

Estudo realizados por Santos et al. (2017), para secagem convectiva de casca de pitaya com as mesmas condições de temperatura, obtiveram umidade de 4,40% a 70 ° C. Assim como, para Gasparin et al. (2017) para folha de hortelã pimenta obteve melhor condição a 70 ° C com teor de umidade abaixo de 12%.

De acordo com Figura 7 percebe-se que, houve, uma evolução da perda de umidade mais rápida conforme aumento da temperatura. Teles et al. (2018) estudando bagaço de uva também verificaram redução da umidade com o aumento da temperatura de secagem (40, 50 e 60 ° C). Alves et al. (2017) estudando a qualidade do café despulpado e *in natura*, observaram que o mesmo fluxo de ar, resultou em uma diminuição de umidade e tempo de secagem de 22% (18,75 a 14,70 h) e 12% (10,60 a 9,32 h) a 40 e 45 ° C.

Para Defraeye e Radu (2017) o processo de secagem torna-se ainda mais complexo quando os frutos são deixados com casca ou quantidade de algum componente (açúcares) principalmente, acaba se comportando como barreira para a secagem, o que não ocorre no fruto da pupunha sem casca.

Na secagem os fatores como composição química, temperatura, espessura do mesocarpo, são primordiais para o comportamento dos produtos secos, atributos estes, importantes e decisivos na definição do processo de secagem para os frutos da pupunha obter característica de passa (FAN et al., 2017).

#### 4.6.2. Modelos

Na Tabela 14, encontram-se os coeficientes de correlação ( $R^2$ ), o qui-quadrado ( $\chi^2$ ), o desvio relativo médio padrão E (%) obtidos a partir das secagens das polpas de pupunha crua e cozida, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, as Tabelas com os respectivos parâmetros e gráficos das modelagens estão disponíveis nos Apêndices B e C respectivamente.

A modelagem matemática é extremamente estudada e discutida e descreve o comportamento da secagem de frutos da pupunha *in natura* e cozidos ao longo do tempo (ARAÚJO et al., 2017) e simulam os mecanismos das secagens para otimizar o processo de forma eficiente (RATHNAYAKA et al., 2017), como mostra a Tabela 14. Algumas ferramentas computacionais podem ser utilizadas para os modelos matemáticos e corroboram para investigar previsões de indicativos de produção em escalas, abordagens termo - físicas das propriedades do material, determinação de coeficientes de parâmetros de secagem convectiva (CASTRO et al., 2018).

Tabela 14 - Parâmetros dos modelos matemáticos.

Modelos	TRATAMENTOS
	CRUA

	50 °C			60 °C			70 °C		
	R <sup>2</sup>	$\chi^2$	E (%)	R <sup>2</sup>	$\chi^2$	E (%)	R <sup>2</sup>	$\chi^2$	E (%)
Logarítmico	0,983	9,42x 10 <sup>-10</sup>	82,117	0,989	1,11x10 <sup>-10</sup>	94,246	0,973	3,85x10 <sup>-10</sup>	39,050
Henderson e Pabis	0,977	0,0117	23,964	0,980	0,0185	34,859	0,957	0,0181	33,776
Difusão	0,997	0,0018	11,485	0,998	0,0010	8,306	0,998	0,0016	6,668
Page	0,997	0,0025	56,325	0,997	0,0025	26,721	0,997	0,0013	13,024
Silva et alli.	0,998	0,0011	48,271	0,999	0,0042	21,591	0,997	0,0009	11,893
Wang e Singh	0,682	0,0940	228,69	0,652	0,0926	142,70	0,567	0,0911	90,092

**COZIDA**

Modelos	50 °C			60 °C			70 °C		
	R <sup>2</sup>	$\chi^2$	E (%)	R <sup>2</sup>	$\chi^2$	E (%)	R <sup>2</sup>	$\chi^2$	E (%)
Logarítmico	0,992	9,17x10 <sup>-10</sup>	9,998	0,997	1,07x10 <sup>-10</sup>	10,285	0,996	3,85x10 <sup>-10</sup>	45,667
Henderson e Pabis	0,991	0,0073	17,614	0,997	0,037	9,909	0,995	0,0053	13,110
Difusão	0,999	0,0004	2,709	0,999	0,0007	4,639	0,999	0,0009	1,626
Page	0,998	0,0024	5,651	0,999	0,0015	6,818	0,999	0,0014	2,631
Silva et ali.	0,999	0,0003	2,496	0,999	0,0002	4,725	0,999	0,0003	2,919
Wang e Singh	0,778	0,0865	114,36	0,914	0,0529	87,135	0,906	0,0518	68,401

A Tabela 14 mostra os dados obtidos a partir da secagem convectiva, os valores de  $\chi^2$  e R<sup>2</sup> não foram suficientes para determinação da escolha dos modelos, pois, tanto na amostra crua como cozida, se obteve valores máximo de R<sup>2</sup> e mínimos de  $\chi^2$ , exceto para Wang e Singh, e dessa forma o erro relativo médio definiu o melhor ajuste.

Nascimento et al. (2015) relatam que os parâmetros e análises estatísticas utilizados para prever o comportamento de um modelo, são pelos valores do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) e o coeficiente de correlação (R<sup>2</sup>), no qual, valores mínimos de  $\chi^2$  e os altos R<sup>2</sup> são critérios para selecionar um bom ajuste para os modelos, porém,  $\chi^2$  e R<sup>2</sup> não correlacionam uma avaliação real e representação do fenômeno de secagem. De acordo com Mohapatra e Rao (2005), destaca a necessidade de avaliação ligada a outro parâmetro estatístico, como o erro relativo médio. Mohapatra e Rao (2005) encontraram erro médio relativos inferiores a 10% e afirmaram que os modelos são considerados adequados para representação da modelagem, que iram indicar uma representação dos valores observados da equação estudada que fundamentar na curva a respectiva perda de umidade do produto (KASHANINEJAD et al., 2017).

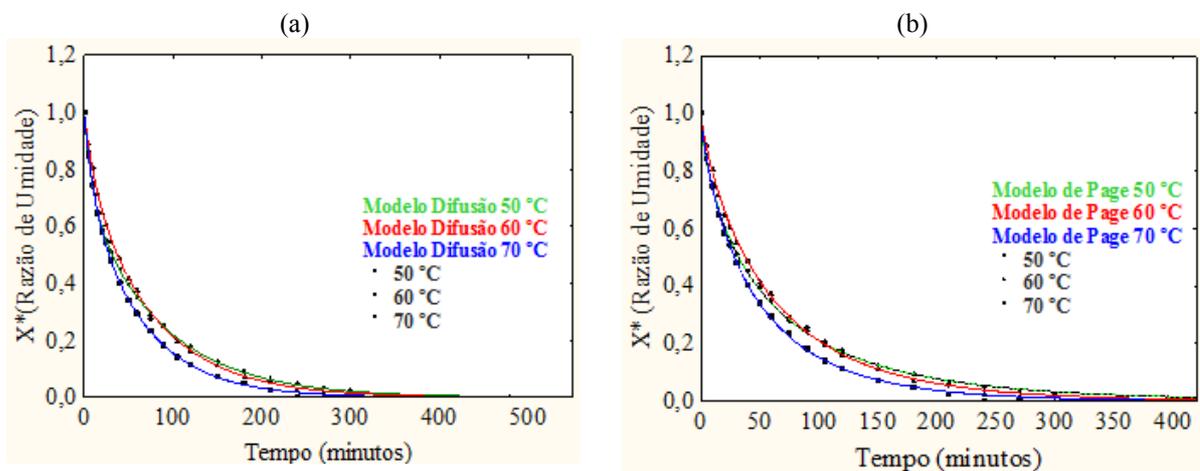
Em estudo da modelagem matemáticos Santos et al. (2010) na avaliação com carambola (*Averrhoa carambola* L.) em secador de bandeja, relataram que na cinética de secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70 ° C, o modelo de Page melhor se adequou aos dados

experimentais, apresentando maior valor de  $R^2$  e menor erro médio relativo, fato este observado apenas no comportamento da pupunha cozida, como observado na Tabela 4.8.

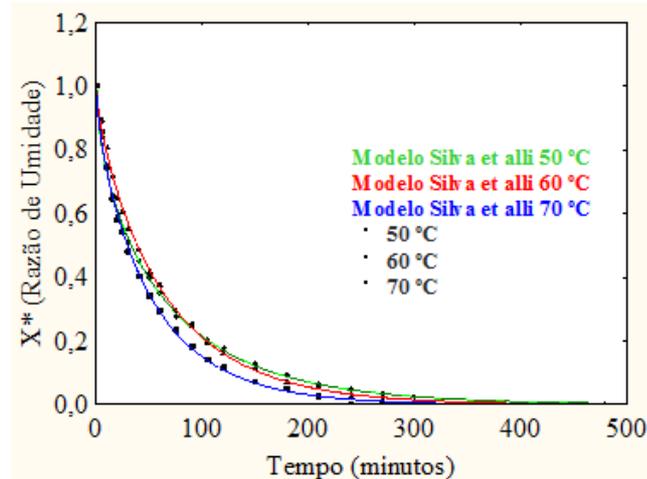
Sousa et al. (2011) para o comportamento da modelagem para polpa de oiti foram obtidos resultados satisfatório com  $R^2$  variando entre 0,998 e 0,945, para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C respectivamente, para os modelos Aproximação de Difusão, Henderson e Pabis e Logaritimico, Midilli e Page, porém os dados experimentais melhor se ajustaram aos dois últimos modelos citados, comportamento igualmente observado para as pupunha crua e cozida que não se adequaram aos modelos Logarítmico (  $E = 82,11; 94,24$  e  $39,050$  %) e Henderson e Pabis ( $E = 23,96 ; 34,86$  e  $33,78$  %) para as temperaturas de 50, 60 e 70 ° C), ambos com erros superiores a 10 %, obtendo melhores ajustes para os outros modelos Difusão, Midilli e Page.

Os modelos de aproximação de difusão, Page e Silva et alli melhor se ajustaram para as amostra de pupunha cozida, para as três temperaturas de secagem, como pode ser observada no Figura 8.

**Figura 8** - Gráficos dos modelos de aproximação de (a) difusão, (b) Page e (c) Silva et alli da amostra de pupunha cozida.



(c)



Com coeficiente de correlação ( $R^2 = 0,999$ ) e  $\chi^2$  com variação entre 0,0002 e 0,0024 e erro relativo médio menores que 10%. Para a amostra crua obteve um bom ajuste para o modelo de aproximação de difusão para as temperaturas de 60 e 70 °C. Resende et al. (2009) estimaram bons ajustes no modelo aproximação de difusão para secagem de clones do café da espécie (*Coffea Canephora*), estimando erros menores que 10% entre as amostras avaliadas, fato igualmente verificado por Rosa et al. (2017) na secagem do mesocarpo do babaçu no qual o modelo matemático de Dois termos apresentou uma menor amplitude do desvio padrão da estimativa (SE) para as diferentes temperaturas de secagem (40, 50 e 60 °C).

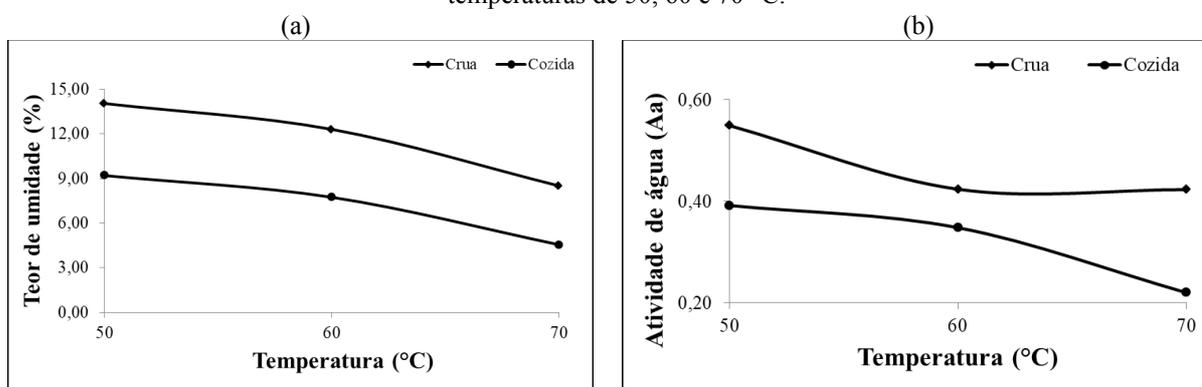
De todos os modelos anteriormente citados, o modelo de Wang e Singh foi o que menos se adequou aos ajustes dos dados experimentais, mostrando coeficientes com valores abaixo da relação estatística estabelecida. O coeficiente de correlação  $R^2$  com valores baixos variando entre (0,567 e 0,906) e o erro relativo médio bem superior a 10%, entre as amostras estudadas. Pereira et al. (2017) estudando sobre brotos de palma observaram graficamente que o ajuste dos dados de secagem para o modelo de Wang e Singh não exibiram um comportamento físico coerente, uma vez que cruzou a área da taxa de umidade negativa, antes de alcançar o ponto de equilíbrio de umidade. Araújo et al. (2017) na secagem em camada delgada de amendoim verificaram que a distribuição dos dados seguiu uma tendência contrária, com pontos fora do eixo e isto é um fenômeno tendencioso e inadequado para representação do ajuste aos dados de secagem.

#### 4.7. Avaliação de qualidade das passas de pupunha

Os resultados da avaliação de qualidade dos frutos da pupunha *in natura* e cozido, obtidos por secagem convectiva estão dispostos nos gráficos abaixo, e as respectivas tabelas da análise de variância no Apêndice D.

Na Figura 9 estão expressos os resultados do teor de umidade e da atividade de água das passas de pupunha após a secagem.

**Figura 9** - Gráficos do (a) Teor de umidade (%) e (b) Atividade de água (Aw) das passas de pupunha secas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.



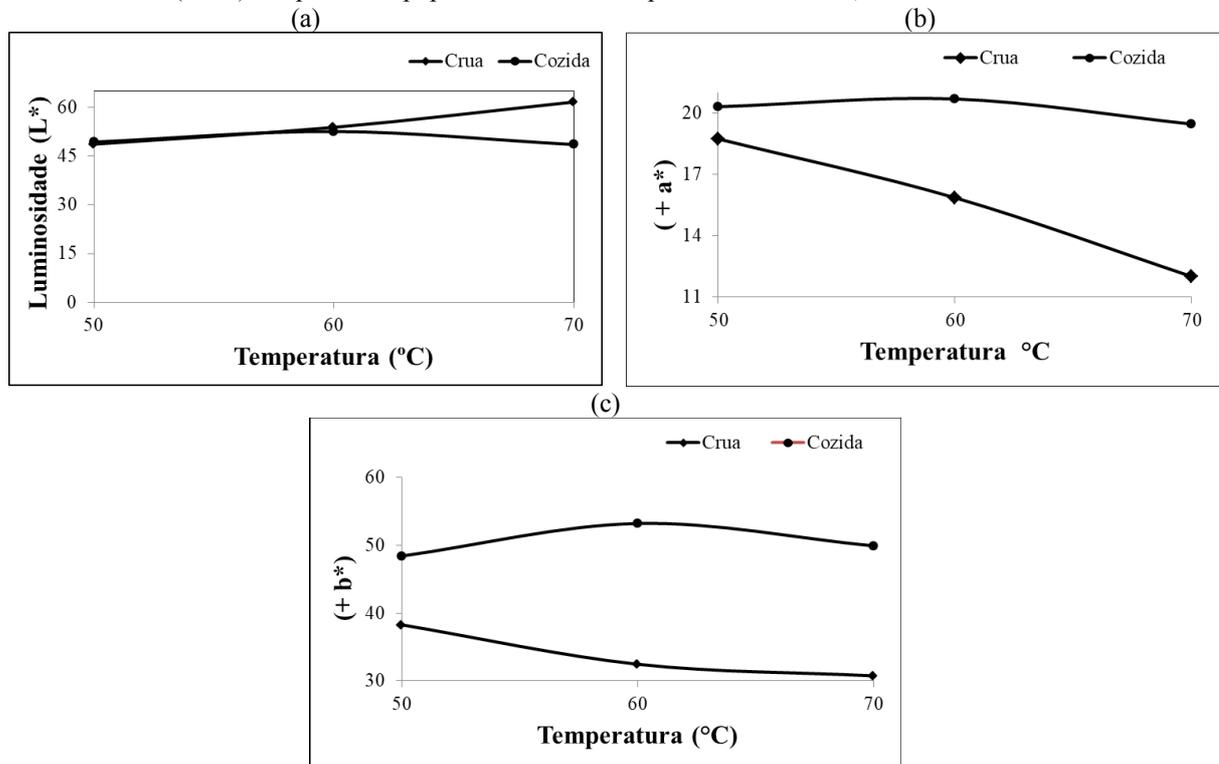
A Figura 9 (a), é possível observar a relação de umidade para as passas de pupunha, não houve interação entre os tratamentos (crua e cozida) e as temperaturas de secagem, revelando ( $P \leq 0,05$ ). A relação visualizada na Figura (b) foi significativa para ( $P \leq 0,01$ ).

Analisando-se a Figura 9 (a), verificou-se que teor de umidade da pupunha não foi influenciado pela temperatura de secagem, mas sofreu interferência pelo tipo de amostra utilizada (crua ou cozida). A pupunha crua obteve maior teor de umidade, quando comparada com a pupunha cozida. A RDC n° 12, (BRASIL, 1978) para frutos secos ou dessecados estabelece um limite máximo de 25% de teor de umidade e não estabelece parâmetros para atividade de água (Aa), contudo os resultados revelam um mínimo de atividade de água, e nos limites das zonas de ataque microbiano ( $Aa \leq 0,6$ ) Jay (2005) e Gava et al. (2008), para as amostras crua e cozida. Para amostra cozida, foram obtidos valores mínimos de ( $Aa_{70\text{ °C}} = 0,22$ ), o que resultou em uma superfície de pupunha mais resistente (aspecto duro), diferentemente das temperaturas de 50 e 60 °C, respectivamente. Guimarães e Silva (2008) em passas de murici desidratado osmoticamente e seco a 70 °C obtiveram um produto seco de umidade intermediária com (Aa) entre 0,78 e 0,85, ou seja, podem ocorrer desenvolvimento e proliferação de microrganismos.

Mota (2005) estudando passas pêsego pré-tratada osmoticamente obteve umidade acima do limite estabelecido pela RDC nº 12 com valores entre 25 e 29%, Yılmaz et al. (2017) com frutos da romã com secagem em temperatura de 50, 60 e 70 ° C obtiveram teor de umidades em torno de 12,4 % e Feldberg et al. (2008) para uva sem semente 24,03 a 38,7 % de umidade. Todos os resultados para as amostras de passas de pupunha demonstram que os tratamentos foram significativos apresentando um mínimo de teor de umidade presente nas amostras e com isso menor atividade microbiana.

Na Figura 10 estão expressos os resultados da L\*, a\* e b\* cor para as passas de pupunha após a secagem.

**Figura 10** - Gráficos da (a) luminosidade (L\*), (b) intensidade de vermelho (+ a\*) e (c) Intensidade de amarelo (+ b\*) das passas de pupunha secas nas temperaturas de 50 ° C, 60 ° C e 70 ° C.



Análise de variância houve diferença significativa entre os tratamentos (amostras crua e cozida) e as temperaturas de secagem com ( $p \leq 0,01\%$ ).

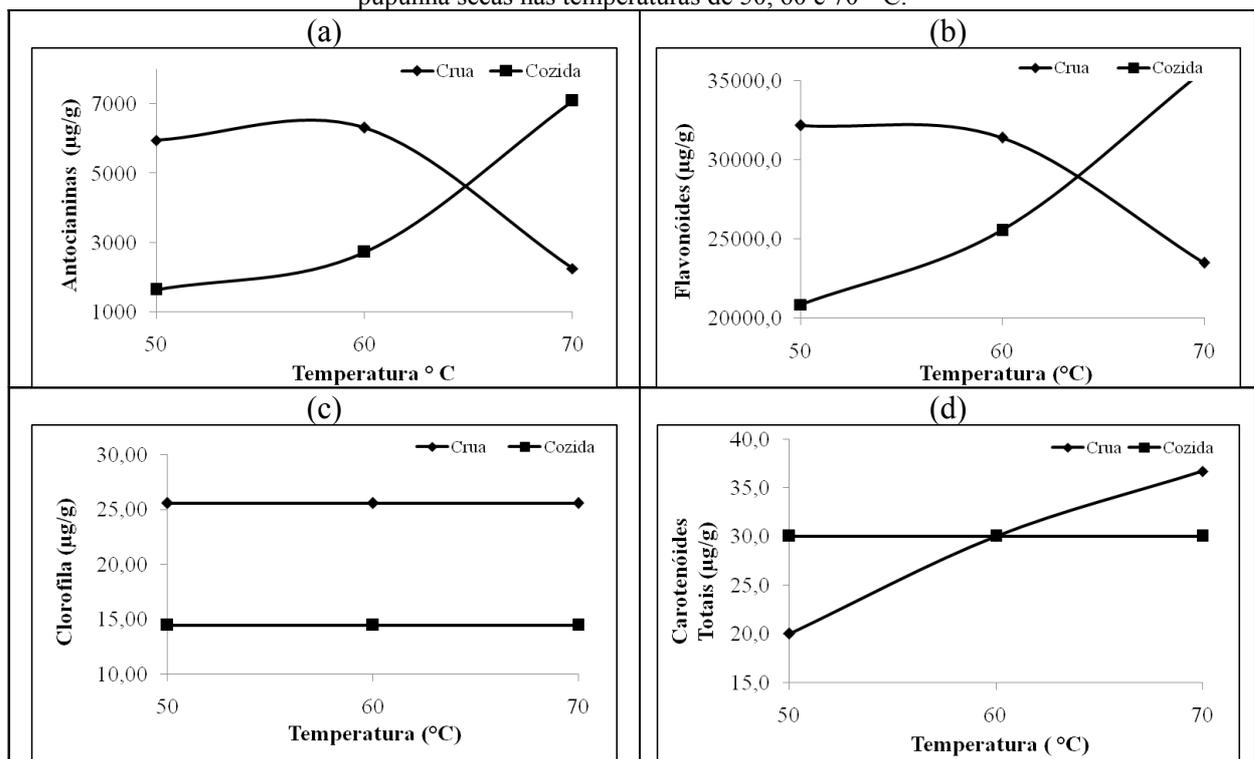
A intensidade de vermelho (+a\*) foi reduzida com o aumento de temperatura, no entanto, seus valores mais intensos foram para as amostras cozida, e ambas obtiveram uma interação entre os tratamentos e as temperaturas ( $p \leq 0,01$ ). O observado neste parâmetro, corrobora com Oliveira et al. (2016) com secagem de baru (*Dipteryx alata* Vogel) no estudo de temperatura de secagem entre 60 e 100 °C.

Verificou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ) da intensidade de amarelo em função das temperaturas de secagem, nas amostras cruas e cozidas. Para a intensidade de amarelo (+b\*), verificou-se que o aumento da temperatura influenciou em sua redução na amostra crua e aumento na cozida. O mesmo comportamento foi observado na secagem de pitaya (SANTOS et al., 2017).

Para luminosidade em ambos os tratamentos e temperaturas houve diferença significativa ( $p \leq 0,01$ ). Santos et al. (2017), descreve o comportamento do valor de L\* em passas de pupunha, o valor aumentou com o acréscimo de temperatura, ocasionando um escurecimento mínimo o, no estudo deste trabalho, a amostra se assemelha apenas para a amostra crua de pupunha.

Na Figura 11 estão expressos os resultados para os pigmentos antocianinas, flavonoides, carotenoides e clorofila para as passas de pupunha após a secagem.

**Figura 11** - Gráficos (a) antocianinas, (b) flavonoides, (c) clorofila e (d) carotenoides totais das passas de pupunha secas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.



Verificou-se efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ), como podemos observar a Figura 11 para antocianinas (a) e flavonoides (b), demonstram comportamentos semelhantes, o decréscimo das antocianinas com o aumento da temperatura e para os flavonoides o aumento da temperatura comportamento oposto.

O comportamento das antocianinas e flavonoides são ocasionados por fatores como temperatura, oxigênio, íons metálicos, além do processamento e estocagem do vegetal; no entanto, os flavonoides são mais resistentes ao calor e pouco sensíveis a luz, além de possuírem cor amarelada em várias tonalidades, alguns quando aquecidos em meio alcalino adquirem coloração mais intensa amarelada, devido ao efeito OH – sobre antoxantinas (pigmentos derivado do núcleo flavonoide) que se transformam em chalconas (isômero do flavonoides) (VOLP et al., 2009; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Em frutos da romã o teor de antocianina foi significativamente afetado pelo método de secagem, temperatura de secagem e espessura do produto na avaliação de Yılmaz et al. (2017). Comportamento diferente verificou-se com a maoberry fruto do sudoeste da Ásia, que sua melhor condição de secagem por pulverização com microcápsula foi à temperatura de 140 °C, relatando a preservação das antocianinas durante a secagem e armazenamento (YINGNGAM et al., 2018).

Na avaliação de clorofila não foi significativo a ( $p \leq 0,05$ ) para a relação tratamento e temperatura, resultando em valores de 25,60 e 14,4  $\mu\text{g (g)}^{-1}$  entre as amostras crua e cozida respectivamente. Observamos que há influência da temperatura e não dos tratamentos. É possível ter ocorrido essa diferença, devido à presença dos carotenoides que acompanham a clorofila, no qual, esse na presença de aquecimento promove a desnaturação da proteína que protege a estrutura da clorofila e diminui sua intensidade do pigmento do vegetal Volp et al. (2009), fato este visualizado na Figura 11 c.

Os carotenoides totais variam de amarelo a vermelho (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001), por sua vez, os carotenoides não são sintetizados pelo organismo, precisam ser ingeridos diminuindo os distúrbios como doenças oculares relacionadas à idade, distúrbios da pele, câncer e doenças cardiovasculares Song et al. (2018). Para as amostras de pupunha houve uma maior influência para amostra crua obtendo significância ( $p \leq 0,05$ ), sendo crescente com o incremento de temperatura. Estudos de Ribeiro e Seravalli, 2007 descrevem que eles são estáveis a temperaturas moderadas e perdem cor por oxidação.

De acordo com Ribeiro e Seravalli, (2007), a estrutura dos carotenoides é constituída por oito unidades de isopreno, no qual sua cor corresponde à presença de duplas ligações conjugadas desses compostos. Para que ocorra a cor amarela são necessárias no mínimo sete ligações conjugadas, à medida que aumenta o número de ligações, há um acréscimo nas bandas originando compostos com cores mais intenso podendo chegar até tons avermelhados.

De acordo com o exposto podemos destacar que amostra cozida melhor se comportou com o incremento de pigmentos, sendo a temperatura intermediária (60 °C), melhor se adequa

a proposta para introdução em barra de cereal, devido a não possuir uma estrutura rígida e não está em faixas de risco microbiológico. Porém as outras amostras podem ser utilizadas para outras propostas de incremento na alimentação.

#### 4.8. Barra de cereais

Os resultados do planejamento experimental ( $2^2$  + três pontos centrais) foram apresentados na Tabela 15, revelam o comportamento das variáveis dependentes (teor de proteína, valor energético, força e firmeza).

A partir dos resultados experimentais das variáveis estudadas, estão estabelecidos os níveis que melhor se comportam, para a possibilidade de sua aceitabilidade sensorial.

Tabela 15 - Formulações de barras de cereais à base de cereais formuladas com três níveis de passas de pupunha (X1) e três níveis de whey protein (X2).

Experimento			Respostas			
*n°	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Proteína g (100 g) <sup>-1</sup>	Valor energético Kcal (100g) <sup>-1</sup>	Força N	Firmeza N
1	6	5	10,239	467,401	150,10	200,17
2	15	5	15,651	464,290	28,25	161,01
3	6	20	11,266	457,946	49,24	95,66
4	15	20	14,356	443,856	104,79	124,85
5	10,5	12,5	13,377	463,232	39,43	74,74
6	10,5	12,5	13,377	461,777	28,75	63,42
7	10,5	12,5	13,377	462,797	26,03	62,92
**C	-	-	10,136	459,465	79,108	71,92

\*Número de experimentos do planejamento experimental; \*\*Amostra controle

Foram estabelecidos os modelos de regressão em nível de 5% de significância. Nos modelos completos, foram destacados os coeficientes não-significativos, obtendo-se os modelos ajustados com o emprego de variáveis reais na Tabela 16.

Tabela 16 - Equações de regressão com variáveis reais, significância e coeficientes de determinação para as respostas: proteínas, valor energético total, força e firmeza das barras de cereais à base de whey protein e passas de pupunha.

Respostas	Modelo	$^1F_{cal}$	$^1F_{tab}$	$^2F_{cal}$	$^2F_{tab}$	$R^2$
Proteína	<b>13,09700</b> + <b>4,251</b> X <sub>1</sub> - <b>0,1340</b> X <sub>2</sub> - <b>1,16100</b> X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	43,35	9,28	1336,2	18,51	0,9775
Valor energético total	<b>460,1857</b> - <b>8,6007</b> X <sub>1</sub> - <b>14,9443</b> X <sub>2</sub> - <b>5,4893</b> X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	10,307	9,28	54,95	18,51	0,9116
Força	<b>60,942</b> - <b>33,145</b> X <sub>1</sub> - <b>12,1547</b> X <sub>2</sub> + <b>88,69</b> X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	5,851	6,94	45,68	19,00	0,9927
Firmeza	<b>111,82</b> - 4,9903X <sub>1</sub> - <b>70,3353</b> X <sub>2</sub> + <b>34,1750</b> X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	3,138	6,94	117,8	19,00	0,9947

X<sub>1</sub> - Concentração de *whey protein*; X<sub>2</sub> - Concentração de passas de pupunha; 1 - para regressão; 2 - Para falta de ajuste.

Os modelos matemáticos, codificados são de 1ª ordem e encontram-se, com os seus respectivos coeficientes estatísticos apresentados na Tabela 4.10, no qual, os valores em negrito são os parâmetros estatisticamente significativos. Estes modelos foram obtidos a partir das regressões linear dos dados experimentais.

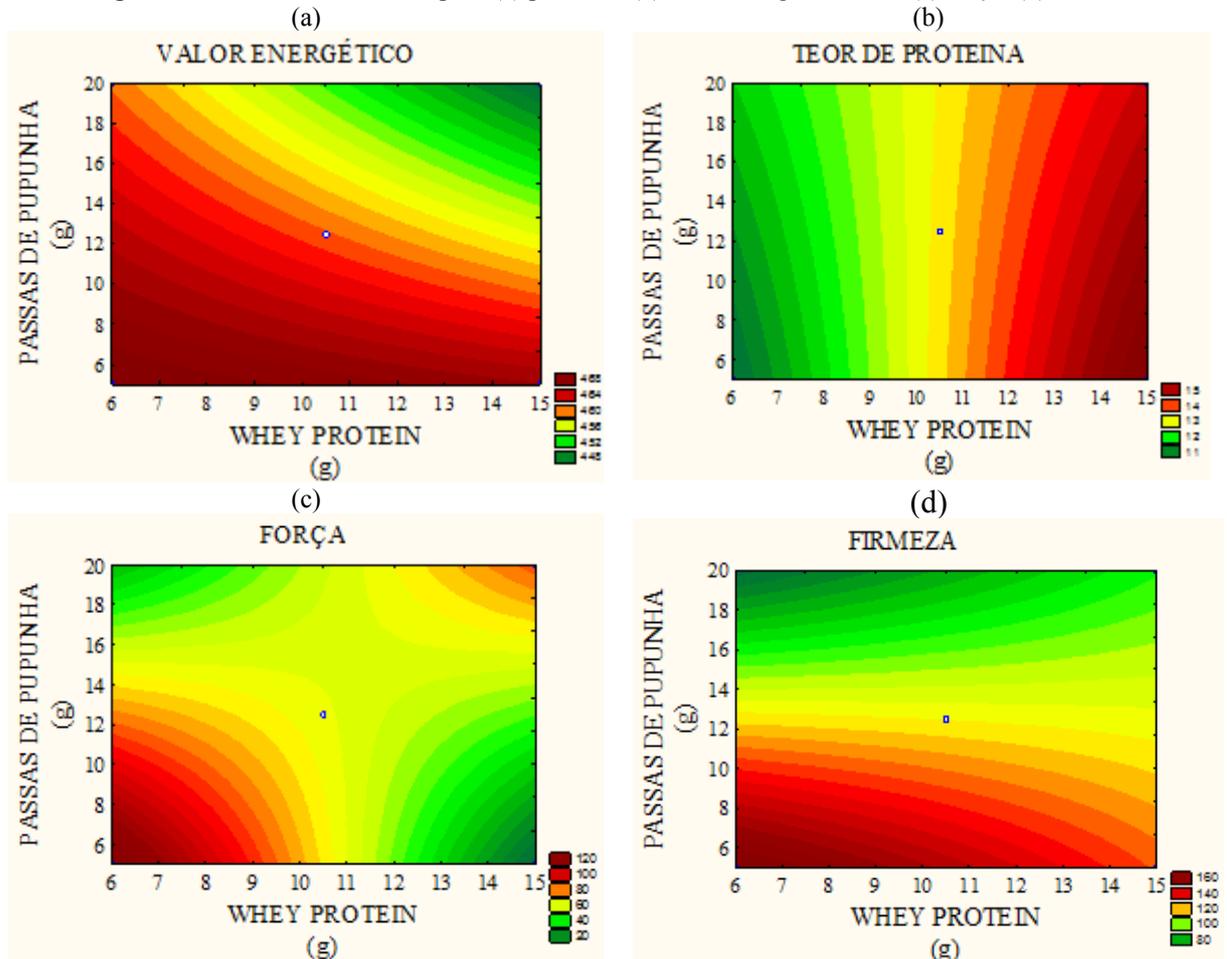
De acordo com a Análise de Variância evidenciada na Tabela 16, os coeficientes de correlação  $R^2$  obtidos para os modelos variaram entre 0,9116 e 0,9991, que indicou significância para os dados experimentais relacionados aos dois parâmetros de textura estudados e para os parâmetros nutricionais. Porém, percebe-se também que os modelos apresentaram regressão significativa  $F_{calculado} > F_{tabelado}$  para as resposta nutricionais (proteína e valor energético total), ou seja, modelos estatisticamente significativos, mas  $F_{calculado} > F_{tabelado}$  para os parâmetros da falta de ajuste revelam que a falta de ajuste não foi significativa, logo os modelos não podem ser usados para predição, ou seja, a falta de ajuste,  $F_{calculado} < F_{tabelado}$  resultou em um efeito não significativa a 5% de significância para todos os parâmetros estudados obtendo valores de erro e falta de ajuste bem próximos 2 e 1, respetivamente em todas as respostas, diferente do observado por El- Aouar (2005), que na desidratação osmótica de mamão, observou que quando o erro puro é muito inferior à falta de ajuste, pode ser observado na falta de ajuste da resposta. Desta forma os modelos são significativos, mas não são preditivos, logo não são ideias (Apêndice E).

Dessimoni-Pinto et al. (2010) no desenvolvimento de barra de cereais com amêndoas de carnaúba e adição de aveia relataram os modelos com coeficientes de determinação ( $R^2$ ), variando entre 0,76 e 0,99, e a adição de aveia mostraram aumento no teor de proteína chegando ao máximo de 12,37 g (100 g<sup>-1</sup>), resultados estes que assemelham a este trabalho, com variação de  $R^2$  com 0,9116 e 0,994, porém com resultados mais expressivos e significativos, tendo maior relevância para as variações e conteúdos utilizados nas formulações e conteúdo de proteína chegando a 15,651 g.100 g<sup>-1</sup>.

Rodrigues (2013) relata em seus estudos que no planejamento para barras de cereais com aplicação de compostos prebióticos e probióticos, os coeficiente de regressão que descrevem um modelo, ou seja, seu valor numérico exerce influência para cada fator e nível estudado, e que será negativo ou positivo de acordo com seu impacto em ampliar ou reduzir o valor do parâmetro considerado, desde que seja significativo.

Desta forma, pelo fato dos modelos não poder ser usado para predição, logo cada parâmetro resposta estudado no planejamento, pode ser observado nas curvas de contorno de acordo com a Figura 12, descrevendo o comportamento dos efeitos individuais e combinados dos ingredientes nas formulações das barras de cereais, ou das variáveis independentes para variável dependente na análise.

**Figura 12** - Curvas de contorno para (a) proteína; (b) valor energético total; (c) força; (d) firmeza.



Para as curvas de contorno na avaliação da resposta proteína (Figura 12 a), mostra que os efeitos individuais e as interações foram significativos a 5% de significância. Observou-se que a quantidade de proteína é máxima quando há a interação dos dois ingredientes *whey protein* e passas de pupunha, mas precisamente na formulação 2 com valores máximos de teor

de proteína de 15,651 g. Freitas e Moretti (2006) na formulação de barras de cereais funcional à base de proteína de soja texturizada, gérmen de trigo, aveia e vitaminas apresentaram em média, 15,3 g de proteína. Este valor está bem acima da média encontrada nas barras de cereais comerciais que apresentam, em média, 4,4 g de proteína. Peuckert et al. (2010), no desenvolvimento de barra de cereal adicionada de proteína de soja e camu-camu (*Myrciaria dubia*) obtiveram um valor de proteína superior aos nossos estudos com 17,1 g.

Na Figura 12 (a) representando as superfícies de contorno para a resposta do valor energético total, a sua variação nas das barras de cereais, ou seja, as concentrações de passas de pupunha em função das concentrações *whey protein* observou-se que o valor energético total das barras de cereais obteve uma leve redução com a elevação das duas concentrações, variando entre 457,946 e 467,401 kcal (100 g)<sup>-1</sup>, sendo significativo para todos os efeitos e suas interações (Tabela 16). Este resultado foi igualmente observado nos estudos de Gutkoski et al. (2007) em barras de cereais a base de aveia, o valor calórico total das barras de cereais diminuiu com a elevação do teor de fibra, variando entre 285 e 325 kcal (100 g)<sup>-1</sup>.

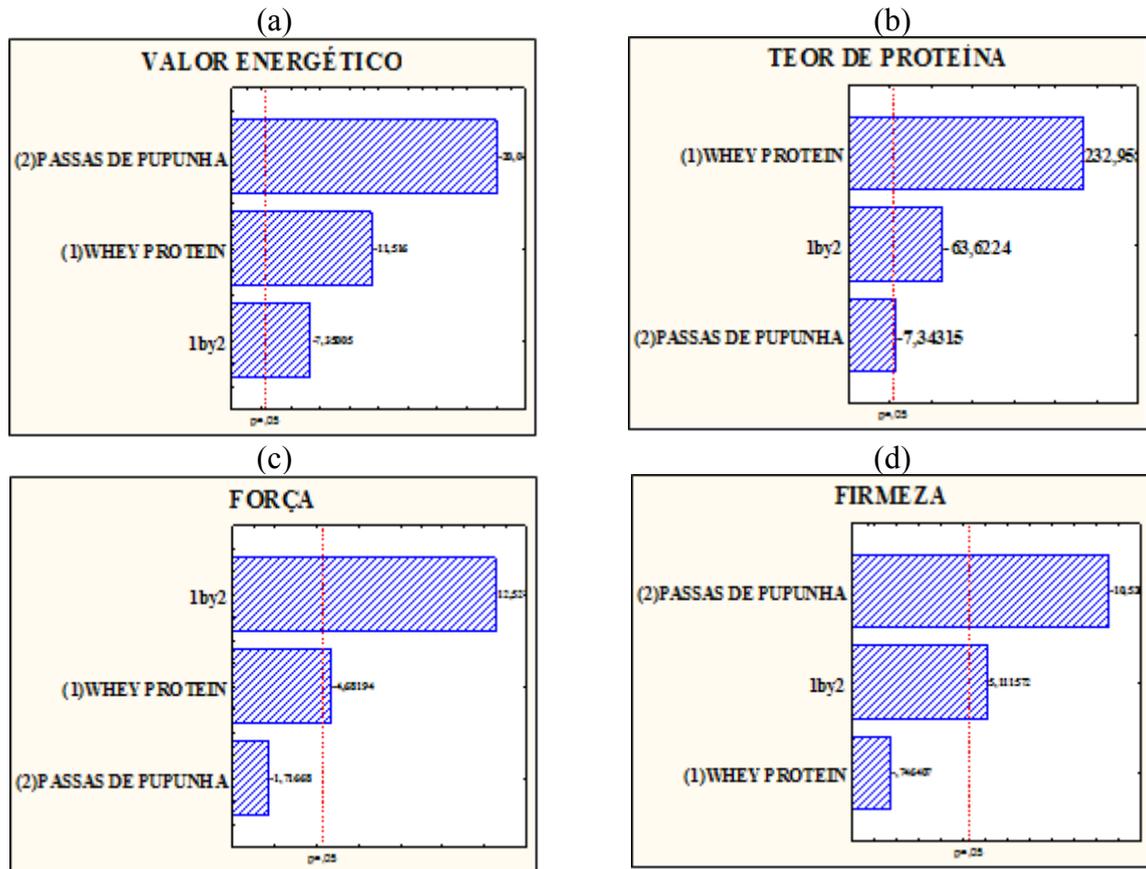
A partir da Tabela 4.10 observou-se para o parâmetro força que não houve efeito significativo para o ingrediente passas de pupunha. E de acordo com a Figura 12 (c), na interação com menores concentrações dos ingredientes foi obtido maior força. Para o parâmetro firmeza verificou-se efeito não significativo para o ingrediente *whey protein* e obtendo para as menores concentrações dos ingredientes maiores parâmetros, sendo extremamente discrepante com relação à amostra controle, esta característica pode ter sido ocasionada pela intervenção de alguns ingredientes junto à formulação F1 no momento da elaboração.

Rodrigues (2013) estudando o planejamento experimental de fruto-oligossacarídeos e inulina em barras de cereais relatou força de cisalhamento variando de 24,84 a 39,87 N, resultados estes que corrobora com os pontos centrais deste experimento.

De acordo com as diretrizes iniciais, a fim de obter barra (s) de cereais com baixa quantidade calórica, maximização no teor de proteína e uma aceitabilidade quanto aos parâmetros de textura, ou seja, valores que colaboram com a mastigação, então, se alcançou melhores resultados nas formulações referentes ao ponto central (F5, F6 e F7), no qual, na interação entre o *whey protein* e passas de pupunha.

Na Figura 13 observou-se o comportamento dos gráficos de Pareto, que descreve o comportamento das variáveis baseado no erro puro, ou seja, na replicada dos valores experimentais.

**Figura 13** - Gráficos de Pareto para (a) proteína; (b) valor energético total; (c) força; (d) firmeza.



O comportamento dos gráficos avaliam as respostas à significância de 5% para o teor de proteína, o valor energético total, a força e a firmeza evidenciando o efeito do comportamento das variáveis dependentes isoladamente e também combinados.

Para as variáveis nutricionais (teor de proteína e valor energético) foram significativos tanto para os ingredientes individualmente e combinados, porém para os parâmetros de força (Figura 4.7 c) não foi significativo para as passas de pupunha e para o parâmetro firmeza (Figura 4.7 d) não houve influência do *whey protein*.

#### 4.9. Caracterização das barras de cereais

Os resultados das informações nutricionais das barras de cereais formuladas a partir do planejamento experimental  $2^2 +$  três pontos centrais estão dispostos na Tabela 17, tais formulações foram avaliadas quanto os parâmetros teor de umidade, cinzas, proteína, carboidrato, sódio e valor calórico total.

Tabela 17 - Informação nutricional das barras de cereais formuladas a partir do planejamento experimental.

Tratamento	<sup>2</sup> TU	<sup>2</sup> Cinza	<sup>2</sup> Proteína	<sup>2</sup> Lipídeos	<sup>1</sup> Carboidratos	<sup>2</sup> Sódio	<sup>2</sup> Energia
------------	-----------------	--------------------	-----------------------	-----------------------	---------------------------	--------------------	----------------------

Controle	7,85 ec	1,23 b	10,13 e	19,13 c	61,65 a	38,19 c	459,47 dc
F1	7,47 e	1,34 ab	10,24 e	20,52 b	60,43 a	41,65 b	467,40 a
F2	8,35 dc	1,50 a	15,65 a	20,74 b	53,76 b	45,19 a	464,29 ba
F3	10,87 b	1,50 a	11,27 d	21,50 a	54,86 b	22,80 f	457,95 d
F4	11,84 a	1,28 ab	14,36 b	19,26 c	53,27 b	30,25 d	443,86 e
F5	8,56 c	1,49 a	13,38 c	20,56 b	54,00 b	27,51 e	462,60 cb
<b>Média</b>	9,16	1,39	12,50	20,30	56,33	34,27	459,26
<b>CV</b>	2,33	6,1	1,37	0,96	2,39	0,11	0,29

F1, F2, F3, F4, F5 - Matriz do delineamento experimental; <sup>1</sup>Valores de carboidratos por diferença; 2- Resultados expressos em g (100 g)<sup>-1</sup> de amostra. TU - Teor de umidade; CV - Coeficiente de variação;

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, com nível de 5% de significância.

Os resultados expressos na Tabela 17 revelam diferença significativa a 5% entre as formulações, especificamente entre a formulação controle e as demais formulações. Para o controle de qualidade, percebe-se que não existem parâmetros na legislação, o produto é dispensado de registro como descreve Brasil (2000), logo a avaliação da qualidade para este produto, parte do pressuposto que os parâmetros físico-químicos, ou seja, sua caracterização é importante para mostrar a qualidade dos nutrientes presentes nas barras de cereais e as condições ideais para estabilidade e nutrição.

Os teores baixos de teor de umidade correspondem a uma maior segurança alimentar, como, também, possibilitam uma maior estabilidade de tempo de vida de prateleira aos produtos, e colaboram ao mesmo tempo com a manutenção da textura característica do produto (Becker e Krüger, 2010). No estudo de Ambrosio-Ugri e Ramos (2012) com a substituição de aveia por farinha da casca de maracujá (FCM), revelaram valores bastante expressivos, pois à medida que ocorreu o aumento da concentração de FCM aumentou o teor de umidade, para as concentrações com 15 e 25% obteve 13,09 e 18,03 g (100 g)<sup>-1</sup> de umidade respectivamente, estes resultados estão bem acima dos encontrados para as barras com pupunha e *whey protein*, pois o maior valor encontrado foi de 11,836 g (100 g)<sup>-1</sup>.

Para o conteúdo de resíduo mineral fixo, não foi verificada diferença significativa entre as amostras, porém com maior conteúdo apresentado de 1,50 g (100 g)<sup>-1</sup>, valores, inferiores aos encontrados por Lima et al. (2010) e Costa et al. (2016). Destacando que a polpa de pupunha apresenta fontes mínimas de cinzas.

As barras com adição de pupunha e *whey protein*, obtiveram teores de proteínas superiores a barra controle, havendo diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre todas as formulações, assim como observado por Bezerra et al. (2015) com a suplementação com farinha batata doce apresentou na barra de cereal 8,6 g (100 g)<sup>-1</sup> de proteínas.

Os lipídeos não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras F1, F2 e F5. O teor de lipídeos encontrado variou entre 19,13 e 21,50 g (100 g)<sup>-1</sup>, este nutriente é muito importante, pois está relacionado com o fator energético, primordial ao conteúdo de nutrientes das barras de cereais. A desidratação das passas é um fator importante a ser considerado, pois, concentra os nutrientes e aumenta seu conteúdo (CRISTO et al., 2015).

Os resultados das formulações controle e F1 para o teor de carboidratos totais não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a formulação F1 porém houve diferença significativa entre as demais formulações. Balestro et al. (2011), relatam que a escolha dos cereais é um fator determinante para a melhor seleção de carboidratos, como também, para que os mesmos sejam adequados para manter o seu equilíbrio, sabor do produto e seu valor nutritivo.

O sódio atualmente tem sido um vilão para a saúde das pessoas, um conteúdo que precisa ser reduzido de acordo com a Resolução- RDC nº 24, de 15 de junho de 2010, que ressaltam os quantitativos para alimentos com alto teor de sódio possuem uma quantidade igual ou superior a 400 mg de sódio por 100 g ou 100 ml. No que se referem às formulações de barra de cereal todas apresentaram diferença significativa e valores bem abaixo do valor de referência, os resultados variando entre 22,803 e 45,194 mg (100 g)<sup>-1</sup>.

O valor energético ou valor calórico quantificado nas barras cereais são quantificações importantes e fundamentais em termos de legislação como também, pelo objetivo informativo ao consumidor, assim como retratada por Pinto et al. (2017), nas quais as evidências para ter uma saúde qualidade destaca-se pelas escolhas alimentares mais saudáveis, especialmente se o consumidor estiver sempre informado. De acordo com a Tabela 4.11 os valores calóricos apresentaram diferença significativa entre as amostras avaliadas, destacando um incremento nutricional nas formulações exceto para a formulação 4, apesar da formulação destacar proporções maiores de passas de pupunha e *whey protein*. No estudo de Aigster et al. (2011) com suplementação de diferentes concentrações de amido resistentes, com 10 e 15 g (100 g)<sup>-1</sup> em barras de cereais constatou que o valor calórico foram de 380 e 440 kcal (100 g)<sup>-1</sup> respectivamente, diferindo das barras elaboradas como pupunha e *whey protein* que apresenta quantificação superiores devido ao valor energéticos dos ingredientes utilizados. E Sung et al. (2014) avaliando a aplicação de extrato de *Allium fistulosum* para elaboração de barra de cereal nutricional e com atividades anti-obesidade destacou para as formulações com 3 e 5% obteve 479,6 e 476 kcal (100)<sup>-1</sup>.

Pode-se observar que as formulações estudadas apresentaram uma opção nutricional relevante para a alimentação, destacando a baixa quantificação de sódio e concentrações elevadas de proteína com destaque para a formulação F4.

## 5. CONCLUSÕES

- Os frutos da pupunha não foram considerados tóxicos, viabilizando sua utilização para processamentos alimentares.
- Os frutos da pupunheira incrementam características relevantes quanto aos parâmetros físicos em destaque para a massa dos frutos que promoveram bom rendimento durante o processamento e características físico-químicas consideradas importantes na pós-colheita de frutos, podendo ser considerada uma boa fonte natural de nutrientes como proteínas, lipídeos e amido e ainda compostos bioativos, com destaque para os polifenóis extraíveis e flavonoides.
- Os pós-liofilizado destacam-se por obter características de acordo com a legislação vigentes e nutrientes em quantidades significativas para uma boa nutrição.
- O modelo matemático que melhor se ajustou aos dados da cinética de secagem da pupunha cozida para as três temperaturas estudadas foram: aproximação de difusão; Page e Silva et alli, com coeficientes  $R^2 = 0,999$  e  $\chi^2$  com variação entre 0,0002 e 0,0024 e erro relativo médio menores que 10%.
- A secagem para a amostra de pupunha crua obteve um bom ajuste para o modelo de aproximação de difusão para as temperaturas de 60 e 70 ° C .
- A secagem convectiva é uma técnica que visou obtenção de passas para ser utilizadas em outros produtos alimentares e aumento da conservação do produto além de contribuir com a concentração de compostos bioativos.
- Os modelos das barras de cereais apresentaram regressão significativa e a falta de ajuste não foi significativa, logo os modelos não podem ser usados para predição.
- O planejamento experimental demonstrou que as barras de cereais das formulações referentes ao ponto central (F5, F6 e F7) obtiveram melhores resultados, pois destacaram baixa quantidade calórica, maximização no teor de proteína e uma aceitabilidade quanto aos parâmetros de textura.
- As formulações de barras de cereal é uma opção para utilização de passas e possuem constituintes nutricionais importantes para alimentação, destacando baixos índices de sódio em todas as formulações.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWAL, S. G.; METHEKAR, R. N. Mathematical model for heat and mass transfer during convective drying of pumpkin. **Food and Bioproducts Processing**, v.10, n. 5, 2016.

AGUIAR, J. P.L. Tabela de composição de alimentos da Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 26, n.1/2, p. 121-126. 1996.

AKPINAR, E. K.; BICER, Y. Modelling of the drying of eggplants in thin-layers. **International Journal of Food Science and Technology**, LOCAL, v. 40, n. 3, p. 273-281, 2005.

AIGSTER, A.; DUNCAN, S. E.; CONFORTI, F. D. ; BARBEAU, W. E. Physicochemical properties and sensory attributes of resistant starch-supplemented granola bars and cereals. **Food Science and Technology**. Blacksburg, v. 44 p. 2159- 2165, 2011.

ALVES , A. M. **Caracterização física e química, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutas nativas do cerrado**. 2013. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2013.

ALVES, C. C. de O.; RESENDE, J. V. de; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenoides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 830-839, 2008.

ALVES, G. E.; BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; SIQUEIRA, V. C.; CIRILLO, M. A.; PINTO, A. C. F. Physiological and sensorial quality of *Arabica coffee* subjected to different temperatures and drying airflows. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 39, n. 2, p. 225-233, 2017.

AMBROSIO-UGRI, M. C. B.; RAMOS, A. C. H. Elaboração de barra de cereais com substituição parcial de aveia por farinha da casca de maracujá. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 21. p. 69-76, 2012.

ANDRADE, J. S.; PANTOJA, L.; MAEDA, R. N. melhoria do rendimento e do processo de obtenção da bebida alcoólica de pupunha (*Bactris gasipaes* kunth). **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 34-38, 2003.

ANDRADE, D. R. M.; HELM, C. V.; MUNIZ, G. I. B.; SATYANARAYANA, K. G.; MAGALHÃES , W. L. E. Avaliação toxicológica em *Artemia salina* de suspensão de nanofibrilas de celulose a partir do resíduo da pupunha. In: Workshop de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio. **Anais**, Embrapa Instrumentação, São Carlos, 2013.

ARAL, S.; BESE, A. V. Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. **Food Chemistry**, v. 210, p. 577-584, 2016.

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; HARTMANN FILHO, C. P.; MARTINS, E. A. S. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 3, p. 448-457, 2017.

ARAÚJO, M. DE C.; RODRIGUES, D. P.; ASTOLFI, S. F.; CLEMENT, C. R. Peach palm core collection in Brazilian Amazonia. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. Viçosa, v.15, p. 18-25, 2015.

ARÉVALO-PINEDO, A.; ARÉVALO, Z. D. S.; BESERRA, N. S.; ZUNIGA, A. D. G.; COELHO, A. F. S.; PINEDO, R. A. Desenvolvimento de barra de cereais à base de farinha de amêndoa de babaçu (*Orbygnia speciosa*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 405-411, 2013.

ARÉVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X. Influência da pressão, temperatura e pré-tratamentos secagem a vácuo de cenoura e abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 636-643, 2005.

BALESTRO, E. A.; SANDRI, I. G.; FONTANA, R. C. Utilização de bagaço de uva com atividade antioxidante na formulação de barra de cereais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 203-209, 2011.

BARROS, [R. G. C.](#); ANDRADE, [J. K. S.](#); DENADAI, M.; NUNES, [M. L.](#); NARAIN, [N.](#) **Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. Food Research International**, v. 102, p. 84-92, 2017.

BARROS NETO, B. de; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. Campinas, Editora da UNICAMP, 2003.

BERBARI, S.A. G.; PRATI, P.; JUNQUEIRA, V. C. A. Qualidade do palmito da palmeira real em conserva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 135-141, 2008.

BOLANHO, B. C.; DANESI, E. D. G.; BELÉIA, A. D. P. Carbohydrate composition of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) by-products flours. **Carbohydrate Polymers**, v. 124, p. 196-200, 2015.

BOSS, E. A. **Modelagem e otimização do processo de liofilização: aplicação para leite desnatado e café solúvel**. 2004. 107p. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas - São Paulo, 2004.

BRASIL. Anvisa. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução nº 23, de 15 de março de 2000. **Procedimentos básicos para registro e dispensa da obrigatoriedade de registro de produtos pertinentes à área de alimentos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 de março de 2000.

BRASIL. Anvisa. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução nº 263 de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Anvisa. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12, de 1978. **Regulamento Técnico para os padrões de identidade e qualidade para os alimentos e bebidas**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 de outubro de 1969.

BRASIL. Normas **analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2ª Edição. São Paulo, v.1, 371p. 2008.

- BECKER, T. S.; KRÜGER, R. L. Elaboração de barras de cereais com ingredientes alternativos e regionais do Oeste do Paraná. **Arquivo Ciência Saúde UNIPAR**, Umuarama, v. 14, n. 3, p. 217-224, 2010.
- BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; TEIXEIRA, A. M.; ANGELO, M. A.; CZAİKOSKI A. Processamento de barras de cereais com adição de farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) processing of cereal bars with added sweet potato flour (*Ipomea batatas* L.) **Ambiência**, Guarapuava, v. 11 n. 1 p. 65-73, 2015.
- BOLANHO, B. C.; DANESI, E. D. G.; BELÉIA, A. D. P. Carbohydrate composition of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) by-products flours. **Carbohydrate Polymers**, v. 124, p. 196-200, 2015.
- BOVI, M. L. A. Expansão do cultivo da pupunheira para palmito no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 15, p. 183-185, 1997.
- BUBNOVICH, B. V; REYES, A.; QUIJAD, E.; MAHN, A. Numerical simulation of lyophilization of carrot slices at atmospheric pressure in a fluidized. **Journal of Food Engineering**, v. 109, p. 659-667, 2012.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n.8, p. 911- 917 1959.
- CASTRO, A. M.; MAYORGA, E. Y.; MORENO, F. L. Mathematical modelling of convective drying of fruits: A review. **Journal of Food Engineering**, n. 223, p. 152-167, 2018.
- CARVALHO, A. V.; BECKMAN J. C.; MACIEL, R. A.; NETO FARIAS, J. T. Características físicas e químicas de frutos de pupunheira no estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 763-768, 2013.
- CARVALHO J.E.U.; MULLER, C.H. **Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 5p. (Comunicado Técnico, 139).
- CHOI, A.; DONG-JIN, L. A; JONG-YEA, K, B.; LIM,S. T. A Volatile composition and sensory characteristics of onion powders prepared by convective drying So Mang, **Food Chemistry**, v. 231, p. 386-392, 2017.
- CIURZYŃSKA, A.; LENART, A. Freeze-drying – Application in food processing and biotechnology - A review. **Polish Journal of Food and Nutrition**, v. 61, n. 3, p. 165-171, 2011.
- CLEMENT, C. R. Regeneração natural de pupunha (*Bactris gasipaes*). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus - AM. **Acta Amazônia**, v. 20, p. 399 - 403, 1990.
- CLEMENT, C. R. Domestication of the pejibaye palm (*Bactris gasipaes*): past and present. In: BALICK, M. J. The palm - tree of life. Biology, utilization and conservation. **Advances in Economic Botany**. v. 6, p. 155-174, 1988.

CLEMENT, C.R.; MORA URPI, J. The pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K., Arecaceae): multi-use potential for the lowland humid tropics. **Economic Botany**, v. 41, n. 2, p. 302 - 311, 1987.

CLEMENT, C. R.; BOVI, M. L. A. Melhoramento genético da pupunheira: conhecimentos atuais e necessidades. In: Seminário do Agronegócio de Palmito de Pupunha na Amazônia Melhoramento genético da pupunheira: conhecimentos atuais e necessidades, 1, **Anais. EMBRAPA**, Rondônia, Sebrae-Rondônia e Cooperama, Porto Velho-RO, 1999.

CLEMENT, C. R. **Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth, *Palmae*)**. Jaboticabal. Fundep, Série Frutas Nativas, v. 8. p. 48, 2000.

CLEMENT, C. R.; SANTOS, L. A. S. Pupunha no mercado de Manaus: preferências de consumidores e suas implicações. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 778-779, 2002.

CLEMENT, C. R.; LLERAS, E.; LEEUWEN, J. V. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociencia**, v.9, n. 1/2, p. 67-71, 2005.

CORRÊA, N. G. **Efeito da velocidade de congelamento sobre a liofilização, reidratação e atributos de qualidade de fatias de maçã**. 2013. 107p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos). Universidade Estadual Paulista – São Paulo, 2013.

COSTA, E. B.; SILVA, D. de C.; MONTEIRO, P. S. ; ALMEIDA, M. E. F. de. Elaboração e análise sensorial de barras de cereais com farinha da casca de maracujá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 243- 254, 2016.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; SOUSA, K. A.; GONÇALVES, D. N. Coeficiente de difusão efetivo e modelagem matemática da secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande ,v. 15, n. 10, p. 1089 - 1096, 2011.

CRISTO, M. de A.; RODRIGUES, D. P.; ASTOLFI FILHO, S.; CLEMENT, C. R. Peach palm core collection in Brazilian Amazonia. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, p. 18-25, 2015.

CROCETTI, A.; OGLEARI, C. H.; GOMES, G.; SARE, I.; CAMPOS, F. R; BALBI, M. E. Determinação da composição centesimal a partir dos dois métodos de secagem para a produção da farinha de beterraba (*Bete vulgaris*, L - família Amaranthaceae). **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 17, n. 4, 2016.

DEFRAEYE, T.; RADU, A. Insights in convective drying of fruit by coupled modeling of fruit drying, deformation, quality evolution and convective exchange with the airflow. **Applied Thermal Engineering**, v. 129, p. 1026-1038, 2018.

DEGÁSPARI, C. H.; BLINDER, E. W.; MOTTIN, F. Perfil nutricional do consumidor de barras de cereais nutricional. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 49-61, 2008.

DENG, Y.; YANG, G. ; YUE, J.; QIAN, B.; LIU, Z.; WANG, D.; ZHONG, Y. ;ZHAO Y. Influences of ripening stages and extracting solvents on the polyphenolic compounds, antimicrobial and antioxidant activities of blueberry leaf extracts. **Food Control** ,v.38, p. 184-191, 2014.

DESSIMONI-PINTO, N. A. V.; SILVA, V. M. da ; BATISTA, A. G. ;VIEIRA, G.; SOUZA, C. R. de; DUMONT, P. V.; SANTOS, G. K. M. dos. Características físico-químicas da amêndoa de macaúba e seu aproveitamento na elaboração de barras de cereais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 79-86, 2010.

DIAMANTE, L. M.; IHNS, R.; SAVAGE, G. P.; VANHANEN, L. A new mathematical model for thin layer drying of fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 9, p. 1956-1962, 2010.

EL-AOUAR, Â. A. **Avaliação do processo combinado de desidratação osmótica e secagem na qualidade de cubos de mamão formosa (*Carica papaya* L.)**. 2001. 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas – SP, 2001.

EL-AOUAR, Â. A. **Estudo do processo de secagem de mamão formosa (*Carica papaya* L.) fresco e pré-tratado osmoticamente**. 2005. 241p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2005.

EL-AOUAR, Â. A.; AZOUBEL, P. M.; KUROZAWA, L. E.; SIMÕES, M. R.; ANTONIO, G.C.; MURR, F. E. X. Study of shrinkage phenomenon during convective drying of papaya (*Carica papaya* L.). **Enpromer** (4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering). Costa Verde – Rio de Janeiro, 2005.

FAN, K.; ZHANG, M.; MUJUMDAR, A. S. Application of airborne ultrasound in the convective drying of fruits and vegetables: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 39, p. 47-57, 2017.

FARINAZZI-MACHADO, F. M. V.; BARBALH, S. M.; OSHIIWA, M.; GOULART, R.; PESSAN JÚNIOR, O. Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n.2, p. 239-244, 2012.

FRANCIS, F. J. **Analysis of anthocyanins**. In: MARKAKIS, P. (ed.). Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, p.181-207, 1982.

FELDBERG, N. P.; MOTA, R. V. DA; SIMÕES, W. L.; REGINA, M. DE A. Viabilidade da utilização de descartes de produção de uvas sem sementes para elaboração de passas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 846-849, 2008.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. v. 2, Porto Alegre, Editora. artmed 2006.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45, 2000. São Carlos. **Anais**. São Carlos, SP: UFSCar, p. 255-258, 2000.

FERREIRA, C.D.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.2, p.251-255,2003.

FERREIRA, D. S.; ROSSO, V. V. de; MERCADANTE, A. Z. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 664-674, 2010.

FERREIRA, L. F. D.; PIROZI, M. R.; RAMOS, A. M.; PEREIRA, J. A. M. Modelagem matemática da secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 6, p. 855-862, 2012.

FLORI, E. J.; RESENDE, G. M.; DRUMOND, M. A. Rendimento da pupunheira em função da densidade de plantio, diâmetro de corte e manejo dos perfilhos no Vale do São Francisco. **Ciência e Agrotecnologia**, Petrolina, v. 28, n. 1, p. 70-74, 2004.

FRANK, A. G.; PEDRINI, D. C.; ECHEVESTE, M. E.; RIBEIRO, J. L. D. Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos. **Production**, v. 24, n. 2, p. 295-310, 2014.

FREITAS, D. G. C.; MORETTI, R. H. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p.318-324, 2006.

FUZITANI, E. J.; SANTOS, A. F.; MORAES, W. S.; DAMATTO JÚNIOR, E. R.; NOMURA, E. S. Eficiência de fosfitos no controle da podridão da base do estipe em mudas de pupunheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p.1000-1006, 2013.

GALDINO, N. O.; CLEMENTE, E. Palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) composição mineral e cinética de enzimas oxidativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 540-544, 2008.

GASPARIN, P. P. **Secagem da *Mentha piperita* em leito fixo, utilizando diferentes temperaturas e velocidades de ar**. 2012, 82p. Dissertação de Mestrado (Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Paraná- Cascavel), 2012.

GASPARIN, P. P.; CHRIST, D. E COELHO, S. R. M. Secagem de folhas *Mentha piperita* em leito fixo utilizando diferentes temperaturas e velocidades de ar. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 242-250, 2017.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos princípios e aplicações**. P. 552; São Paulo: Nobel, 2008.

Google imagens. **A lenda da pupunha, o presente dourado da deusa da floresta**. Disponível em< <https://www.xapuri.info/cultura/mitoselendas/lenda-da-pupunha-o-presente-dourado-da-deusa-da-floresta/>>, acesso em set 2016.

GODOY, R. L. DE O.; NASCIMENTO, E. M. DO; RIBEIRO, L. O.; NASCIMENTO, L. DA S. M. DO; PACHECO, S.; BORGUINI, R. G.; MATTA, V. M. DA; CAVALCANTI, N. DE B. Identificação e quantificação de flavonoides na polpa de umbu por cromatografia líquida de alta eficiência . **Comunicado técnico**, Rio de Janeiro, 2013.

GUIMARÃES, M. M.; SILVA, M. S. Valor nutricional e características químicas e físicas de frutos de murici-passa (*Byrsonima verbascifolia*). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 817-821, 2008.

GUNASEKARAN, S.; MEHAMET A. K. M. Cheese rheology and texture. **CRC Press**, Washington, 437p. 2003.

GUTKOSKI, L. C.; BONAMIGO, J. M. A.; TEIXEIRA, D. M. F.; PEDÓ, I. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 355-363, 2007.

HARAMI, J. B. **Desenvolvimento de cereal em barra com gelado comestível simbiótico**. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 113p. 2008.

HAMMAMI, C.; RENÉ, F. Determination of freeze-drying process variables for strawberries. **Journal of Food Engineering**, v.32, p. 133-154, 1997.

HAMMOND, G.; WENCHI, P. Fatty acid composition and glyceride structure of the mesocarp and kernel oils of the pejobaye palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) **Pan Department of Food Technology**, Iowa State University, U.S.A, 1982.

ISAE/FGV - Instituto Superior de Administração e Economia/Fundação Getúlio Vargas (FGV). Projeto potencialidade regionais - **Estudo de viabilidade econômica do palmito da pupunha**. 2003. Disponível em: <[http://www.suframa.gov.br/publicacoes/proj\\_pot\\_regionais/palmito.pdf](http://www.suframa.gov.br/publicacoes/proj_pot_regionais/palmito.pdf)>. Acesso em 30 de nov. de 2016.

JANKAVSKI, A. **Nutry pensa fora da caixa**. Disponível em: <<http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/negocios/20150731/nutrypensaforacaixa/285444.shtml>>. Acesso em: 30 de nov. 2016.

JAY. M. J. **Microbiologia de alimentos**. Editora Artmed, 6º ed..Porto Alegre, 2005.

KAEFER, S.; FOGAÇA, A. de O. ; STORCK, C. R.; KIRSTEN, V. R. Bolo com farinha de pupunha (*bactris gasipaes*): análise da composição centesimal e sensorial. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara. v. 24, n. 3, p. 347-352, 2013.

KALETA, A.; GÓRNICKI, K. Evaluation of drying models of apple (var. McIntosh) dried in a convective dryer. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 5, p.891-898, 2010.

KERR, L. S.; R.N.S.; CLEMENT, C. R.; CLEMENT E, W. E.; KERR. **Cozinhando com a pupunha (Cooking with pejobaye)**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA, Manaus. 1997. 95p.

KOROISHI, E. T. **Estudo do processo de liofilização: aplicação para suco de laranja**. 2005.156f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2005.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L.; DOUCE, R. (Eds.). *Methods in enzymology*. London: **Academic Press**, 1987. p. 350-381

LIMA, J. C. R.; FREITAS, J. B. de; CZEDER, L. de P.; FERNANDES, D. C.; NAVES, M. M. V. Qualidade microbiológica, aceitabilidade e valor nutricional de barras de cereais formuladas com polpa e amêndoa de baru. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 2, p. 331-343,. 2010.

LIAPIS, A. I.; BRUTTINI, R. A theory for the primary and secondary drying stages of the freeze-drying of pharmaceutical crystalline and amorphous solutes: comparison between experimental data and theory. **Separations Technology**, v. 4, n. 3, p. 144-155, 1994.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I: fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel –Wissenschaft and Technologies**, v.18, p. 112 – 122, 1985.

MATERSKA, M.; Bioactive phenolics of fresh and freeze-dried sweet and semi-spicy pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). **Journal of functional foods**. Poland. v. 7, p. 269–277, 2014.

MARQUES, L.G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 255p. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra). Universidade federal de são Carlos-; São Paulo, 2008.

MEDEIROS, G. R.; KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE E. **Características de qualidade de farinhas mistas de trigo e polpa de pupunha (*Bactris gasipaes* kunth)** **Alimentos e Nutrição**, Araraquara. v. 23, n. 4, p. 655-660, 2012.

MELLADO, E. C. E. R. **Modelo de transferência de calor e massa na secagem de madeira serrada de pinus**. Tese de Doutorado (Engenharia Florestal em Ciência Agrárias da Universidade Federal do Paraná – Curitiba), 169p. 2007.

MELO NETO, B. A. de; BARBOSA, A. A.; LEITE, C. X. dos S.; ALMEIDA, P. F. de; BONOMO, R. C. F.; PONTES, K. V. Chemical composition and functional properties of starch extracted from the pejibaye fruit (*Bactris gasipaes* Kunth.). **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 37, n. 1, p. 105-110, Jan.-Mar., 2015.

MENEZES, A. R. V.; SILVA JÚNIOR, A.; CRUZ, H. L. L.; ARAUJO, D.R.; SAMPAIO, D. D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata* d.c) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2009.

MEDEIROS, G. R.; KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características de qualidade de farinhas mistas de trigo e polpa de pupunha (*Bactris gasipaes* kunth). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 4, p. 655-660, 2012.

MELHORANÇA FILHO, L.A.; PEREIRA, R.R.M. Atividade antimicrobiana de óleos extraídos de açaí e de pupunha sobre o desenvolvimento de *pseudomonas aeruginosa* e *staphylococcus aureu*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 598-603, 2012.

MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAM, J. E.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. E.; MCLAUGHLIN, J. L. Brine shrimp, a convenient general bioassay for active-plant constituents. **Planta**, Caracas – Venezuela, v.45, p.31-34. 1982.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MIRANDA, I.P.A. Frutos de palmeiras da Amazônia. 19. ed. Manaus: **MCT INPA**, 47p. 2001.

MONNERAT, S.M. **Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã: transferência de massa e alterações de estrutura celular**. Tese de Doutorado (Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. Campinas – São Paulo). 158 p. 2009.

MORI-PINEDO, L. A.; PEREIRA FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. Substituição do fubá (*Zea mays*,L) por farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*, H.B.K.) em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Acta Amazonica**, Amazônia, v. 29, n. 3, p. 447-453, 1999.

MOHSENIN, N. N. Physical properties of plant and animal materials. New York: **Gordon and Breach Publishers**, 841p., 1986.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. da. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p.1093-1098, 2013.

MOTA, R. V. da. Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 789-794, 2005.

NGUTA, J. M.; MBARIA, J.M.; GATHUMBI, P.K.; KABASA, J.D.; KIAMA, S.G. Biological screening of kenya medicinal plants using *Artemia salina* L. (Artemiidae). **Pharmacology**, v. 2, p. 458-78, 2011.

NISHINARI, K.; HAYAKAWA, F.; XIA, C.; HUANG, L.; MEULLENET, J.; SIEFFERMANN, J. Comparative study of texture terms: English, French, Japanese and Chinese. **Journal of Texture Studies**, n. 39, p. 530-568, 2008.

OLIVEIRA, A. M. M. M.; MARINHO, H. A. Desenvolvimento de panetone à base de Farinha de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 4, p. 595-605, 2010.

OLIVEIRA, D. E. C. de; RESENDE, O.; COSTA, L. M. Efeitos da secagem na coloração dos frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel). **Revista Agro@mbiente**, v.10, p.364-370, 2016

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers**. Thesis (M.Sc.) – **Purdue University**, West Lafayette, 1949.

- PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p.288-292, 2001.
- PENA, S. R.; FERREIRA, D. C. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 20, p. 251-255, 2003.
- PEREIRA, E.M.; SILVA, W.P. da; GOMES, J.P.; SILVA, C.M.D.P. da S. e; FORMIGA, A. dos.; COSTA, F.B. da. Empirical models in the description of prickly pear shoot (Nopal) drying kinetics. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 11, p. 798-802, 2017.
- PÉREZ, V. H. **Estudo do comportamento da temperatura de bananas durante o processo de secagem**- Dissertação de mestrado- Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola. p. 137 1998.
- PEUCKERT, Y. P.; VIERA, V. B.; HECKTHEUER, L. H. R.; MARQUES, C. T.; ROSA, C. S. Caracterização e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de proteína texturizada de soja e camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 147-152. 2010.
- PIRES, M. B. **Obtenção de farinhas de pupunha (*Bactris gasipaes*) para aplicação no desenvolvimento de produtos**. 2013. 89p. Dissertação de Mestrado (Universidade Federal do Pará). Belém – Pará, 2013.
- PINTO, V. R. A.; FREITAS, T. B. DE O.; DANTAS, M. I. DE S.; LUCIA, S. M. D.; MELO, L. F.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Influence of package and health-related claims on perception and sensory acceptability of snack bars, Viçosa. **Food Research International**, v.10, p.103–113, 2017.
- PORTELA, J. V. F.; PESSOA, T. R. B.; LIMA, J. P.; EL-AOUAR, A. A. Evaluación de la transferencia de masa durante el secado de la corteza de la sandía para la obtención y caracterización de la harina. **RECYT**, Piauí, v. 17, n. 23, p.18-24, 2015.
- PROSAPIO, V.; NORTON, I. Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze drying performance. **Food Science and Technology**, Local, v. 80, p. 401- 408, 2017.
- RATHNAYAKA M.C.M.; KARUNASENAC, H.C.P.; GUAN, Y.T. L.; SENADEERA, W. Novel trends in numerical modelling of plant food tissues and their 1 morphological changes during drying - A review. **Journal of Food Engineering**. Local, v. 194, p. 24-39, 2017.
- RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 311-319, 2001.
- RAUPP, D. da S.; AYUB, R. A.; AMARAL, M. C. M. do; DABUL, A. N. G.; SIMA, C.; SILVA, L. C. P. da. Passas de caqui ‘Fuyu’: processamento e aceitabilidade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 97-102, 2008.
- RÊGO JÚNIOR, N.O.; FERNANDEZ, L.G.; CASTRO, R. D. de; SILVA, L. C; GUALBERTO, S. A.; PEREIRA, M. L. A.; SILVA, M. V. da. Compostos bioativos e

atividade antioxidante de extratos brutos de espécies vegetais da caatinga. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 50-57, 2011.

RESENDE, O. ; ARCANJO, R. V.; SIQUEIRA, CAMBUY, V. e RODRIGUES, S. **Acta Scientiarum**. Agronomy. Maringá, v. 31, n. 2, p. 189-196, 2009.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying Chemical, morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry**, Local, Volume 254, 15 July 2018, Pages 281-291, 2018.

RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Hygroscopic behavior of lyophilized acerola pulp powder. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 3, p. 269-274, 2016.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI. **Química de alimentos**. Instituto Mauá de Tecnologia. 2º edição - São Paulo, Blucher, 2007.

RODRIGUES, C. S. **Desenvolvimento de barras de cereais com ingredientes prebióticos e probiótico**. 2013. 201p. Dissertação de Mestrado (Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia de Alimentos Campinas), São Paulo, 2013.

RODRIGUES NETO, A. J. R.; BERGAMASCHINE, A. F.; ISEPON, O. J.; ALVES, J. B.; HERNANDEZ, F. B. T.; MACEDO, M. P. Efeito de aditivos no valor nutritivo de silagens feitas com subproduto da extração do palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Local, v. 30, n. 4; p. 1367-1375, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Changes in carotenoids during processing and storage of foods. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, Local, n. 49 v. 3, p. 38-47, 2001.

ROJAS-GARBANZO, C.; PÉREZ, A. M.; VAILLANT, F.; PINEDA-CASTRO, M. L. Physicochemical and antioxidant composition of fresh peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) fruits in Costa Rica . **Brasilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 19, e2015097, 2016.

ROSA, J. C.; MENDONÇA, A. P.; OLIVEIRA, A. dos S.; RIBEIRO, S. B.; BATISTA, A. do R.; ARAÚJO, M. E. R. Drying kinetics of ‘babassu’ mesocarp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 21, n. 10, p. 709-714, 2017.

SAMPAIO, C. R. P.; FERREIRA, S. M. R.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Perfil sensorial e aceitabilidade de barras de cereais fortificadas com ferro. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v.20, n.1, p. 95-106, 2009.

SANDOVAL-TORRES, S.; TOVILLA-MORALES, A. S.; HERNANDEZ-BAUTISTA, E. Dimensionless modeling for convective drying of tuberous crop (*Solanum tuberosum*) by considering shrinkage. **Journal of Food Engineering**, Local, v. 214 p. 147-157, 2017.

SANTOS, B. W. C. **Análises biométricas de características bromatológicas de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) de maior teor de óleo provenientes de mercados de porto velho**. 2014. 55p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Amazonas- Rondônia, 2014.

SANTOS, J. F. **Avaliação das propriedades nutricionais de barra de cereais elaboradas com farinha de banana verde**. 2010. 70p. Dissertação (Mestrado em ciências Farmacêutica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SANTOS, C. T.; BONOMO, R. F.; CHAVES, M. A.; FONTAN, R. DA C. I.; BONOMO, P. Cinética e modelagem da secagem de carambola (*Averrhoa carambola* L.) em secador de bandeja. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 309-313, 2010.

SANTOS, M. de F. G. dos, ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; SILVA, S. de M.; SILVEIRA, M. R. S. da. Quality characteristics of fruits and oils of palms native to the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 305, p. 1- 6, 2017.

SANTOS, M. DE F. G. DOS; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. DE; SILVA, S. DE M.; SILVEIRA, M. R. S. DA. Características de qualidade de frutos e óleos de palmeiras nativas da Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 39, n. Spe., (e-305), 2017.

SANTOS, G. M. dos; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. de; COSTA, J. M. C. da; FIGUEIREDO, R. W. de; PRADO, G. M. do. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **ALAN-Archivos Latino americanos de Nutrición**, Caracas, v. 58 n. 2, 2008.

SEAB/DERAL- Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento e Departamento de Economia Rural. 2013. Disponível em <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/terras\\_pdf\\_publicacao.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/terras_pdf_publicacao.pdf)> acesso em 15 de jun 2015.

SEPTEMBRE-MALATERRE, A.; REMIZE, F.; POUCHERETA, P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. **Food Research International**, Local, v. 104, p. 86-99. 2018.

SHINAGAWA, F.B.; SANTANA, F.C.; MANCINI-FILHO, J. Efeito do óleo de semente de uva prensado a frio nos marcadores bioquímicos e perfil inflamatório de ratos. **Revista de Nutrição**, Araraquara, v. 28, n.1, p.65-76, 2015.

SILVA, M. G. C. P. C. **Cultivo da pupunheira - Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira**. Ceplac. 2005. Disponível em: <[gracaparada@cepec.gov.br](mailto:gracaparada@cepec.gov.br)>. Acesso em: 25 de set de 2016.

SILVA, L. M. de M.; SOUZA, F.C. de; CASTRO, D. S. de; NUNES, J. S.; ALMEIDA, F. de A. C. Avaliação das características físicas e físico-químicas da pupunha. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 3, p. 5-8, 2013.

SILVA, I. Q.; OLIVEIRA, B. C. F.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Obtenção de barra de cereais adicionada do resíduo industrial de maracujá. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 2, p. 321-329, 2009.

SILVA, W. P. da; SILVA, C. M. D. P. da S. e; SOUSA, J. A. R.; FARIAS, V. S. O. Empirical and diffusion models to describe water transport into chickpea (*Cicer arietinum* L.). **International Journal of Food Science and Technology**, Local, v. 48, n. 2, p. 267-273, 2013.

DAMODARAN, S.; PARKIN, L.K.; FENNEMA, O.R. Química de alimentos de fennema. Porto Alegre. Ed. 4, 2010.

SONG, J.; WEI, Q.; WAN, X.; LI, D.; LIU, C.; ZHANG, M.; MENG, L. Degradation of carotenoids in dehydrated pumpkins as affected by different storage conditions. **Food Research International**, China, v. 107, p.130-136, 2018.

SOUZA, R. L. A.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H. da; AMORIM, B. C. Caracterização da poligalacturonase produzida por fermentação semi-sólida utilizando-se resíduo do maracujá como substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 987- 992, 2011.

SOUSA, E. P; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; GOMES, J. P.; QUEIROZ, A. J. de M.; CASTRO, D. S.; LEMOS, D. M. Mathematical modeling of pequi pulp drying and effective diffusivity determination. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 7, p. 493-498, 2017.

SOUSA, N. R; RODRIGUES, D. P.; CLEMENT, C. R.; NAGAO, E. O.; ASTOLFI FILHO, S. Discriminação de raças primitivas de pupunha (*Bactris gasipaes*) na Amazônia brasileira por meio de marcadores moleculares (rapds) – **Acta Amazonica**, v. 31, n. 4, p. 539-545, 2001.

SOUSA, F. C. de; SOUSA, E. P. de; SILVA, L. M. de M.; MARTINS, J. J. A.; GOMES, J. P.; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem de polpa de oiti. **Revista Educação Agrícola Superior**, Campina Grande, v. 26, n. 2, p.108-112, 2011.

SOUZA, D. S.; PIMENTEL, J. D. R.; MARQUES, L. G.; NARAIN, N. Estudo da cinética de reidratação do pó da polpa do abacate Liofilizado. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 7, n. 6; 2011.

STATSOFT. Inc. **Statistica**: data analysis software system. <[www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)> Version 7.0, 2004.

SUNG, Y. Y; KIM, S. H.; KIM, D. S.; PARK, S. H.; YOO, B. W.; KIM, H. K. Nutritional composition and anti-obesity effects of cereal bar containing *Allium fistulosum* (welsh onion) extract. **Journal of functional foods**. Korea, v. 6, p. 428 – 437, 2014.

TATTINI JÚNIOR, V.; PARRA, D. F.; PITOMBO, R. N. M. Influência da taxa de congelamento no comportamento físico-químico e estrutural durante a liofilização da albumina bovina. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v.42, n. 1, p.127-136, 2006.

TELES, A. S. C.; CHÁVEZ, D. W. H.; GOMES, F. DOS S., CABRAL, L. M. C.; TONON, R.V. Effect of temperature on the degradation of bioactive compounds of *Pinot Noir* grape pomace during drying, **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v.21, 2018.

THOMAZINI, M.J. Ocorrência de *Herminodes* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) em pupunheira nos estados do Acre e Rondônia, Brasil. **Acta Amazonia**, v. 34, n. 3, p.505-506, 2004.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB). **Plantas da Amazônia**. Espécies Amazônicas para Produção Cosmética. Disponível em: <[www.bitacora.europe.com/app/download/.Oleos+essenciais+da+Amazonia.pdf](http://www.bitacora.europe.com/app/download/.Oleos+essenciais+da+Amazonia.pdf)>. Acesso em: 27 de nov de 2016.

VEIGA, L. F.; VITAL, N. A.; PORTELA, M. R.; OLIVEIRA, F. F. **Avaliação de faixa de sensibilidade de *Artemia salina* ao lauril sulfato de sódio**. Rio de Janeiro. PETROBRÁS/CENPES/SUPESQ/DITER, 64p, 1989.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T. STRINGUETA, P. C. Pigmentos naturais bioativos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 157-166, 2009.

WOJDYŁO, A.; FIGIEL, A.; LEGUA, P.; LECH, K.; CARBONELL-BARRACHINA, A.A. HERNÁNDEZ, F. Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. **Food Chemistry**, Local, v. 207, n. 15, p. 170-179, 2016.

YOKOYAMA, M. H.; SILVA, A. L.; PIATO, E. L. O desenvolvimento de marcas próprias: estudo comparativo entre o varejo e fornecedores da indústria alimentícia. **Gestão e Produção**, v. 19, n. 3, p. 543-556, 2012.

YILMAZ, F. M.; KSEKKAYA, S. Y.; VARDIN, H.; KARAASLAN, M. The effects of drying conditions on moisture transfer and quality of pomegranate fruit leather (pestil. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Local, v. 16, p. 33-40, January, 2017.

YEMM, E.W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, London, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

YINGNGAM, B.; TANTIRAKSAROJ, K.; Taweeta, T.; RUNGSEEVIJITPRAPA, W.; SUPAKA, N.; BRANTNER, A. H. Modeling and stability study of the anthocyanin-rich maoberry fruit extract in the fast-dissolving spray-dried microparticles. **Powder Technology**, Local, v. 325, n. 1 p. 261-270, 2018.

YUYAMA, L. K. O.; YONEKURA, L.; AGUIAR, J. P. L.; SOUSA, R. F. S. Notas e comunicações biodisponibilidade de vitamina a da pupunha (*Bactris gasipaes* kunth) em ratos. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 28, n. 3, p. 497-500, 1999.

ZIELINSKA, M.; MICHALSKA, A. Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits: drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, Antioxidant capacity, colour and texture. **Food Chemistry**, Local, v. 212, n. 1, p. 671-680, 2016.



# APÊNDICE

**APÊNDICE A - DADOS DA CINÉTICA DE SECAGEM, PARA A PUPUNHA CRUA E COZIDA NAS TEMPERATURAS DE 50, 60 E 70 ° C**

**Apêndice A1.** Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem da pupunha crua nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Tempo (minutos)	Temperaturas (°C)		
	50	60	70
0	1,000	1,000	1,000
5	0,784	0,809	0,703
10	0,673	0,676	0,587
15	0,609	0,564	0,483
20	0,556	0,494	0,442
25	0,511	0,455	0,380
30	0,476	0,416	0,339
40	0,399	0,332	0,303
50	0,343	0,275	0,265
60	0,304	0,233	0,249
75	0,275	0,204	0,216
90	0,245	0,158	0,185
105	0,200	0,154	0,162
120	0,178	0,129	0,132
150	0,148	0,099	0,095
180	0,148	0,102	0,066
210	0,092	0,076	0,033
240	0,074	0,036	0,025
270	0,019	0,018	0,000
300	0,004	0,004	
360	0,000	0,000	
420	0,000		

Apêndice A2. Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem da pupunha cozida nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Tempo (minutos)	Temperatura ( °C)		
	50	60	70
0	1,000	1,000	1,000
5	0,842	0,892	0,856
10	0,739	0,808	0,750
15	0,655	0,717	0,645
20	0,594	0,651	0,580
25	0,554	0,608	0,542
30	0,512	0,553	0,481
40	0,453	0,490	0,403
50	0,399	0,417	0,342
60	0,351	0,377	0,295
75	0,277	0,295	0,236
90	0,255	0,251	0,183
105	0,205	0,197	0,141
120	0,178	0,163	0,114
150	0,126	0,114	0,073
180	0,094	0,072	0,049
210	0,058	0,064	0,027
240	0,048	0,027	0,000
270	0,035	0,018	0,000
300	0,024	0,000	
360	0,000	0,000	
420	0,000		
480	0,000		

**APÊNDICE B - DADOS DOS PARÂMETROS DOS MODELOS MATEMÁTICOS (LOGARÍTMICO, HENDERSON DE PABI, APROXIMAÇÃO DE DIFUSÃO, PAGE, SILVA ET ALI E WANG E SINGH) PARA AS AMOSTRAS DE PUPUNHA CRUA E COZIDA NAS TEMPERATURAS DE 50, 60 E 70 °C**

Apêndice B1: Modelo empírico Logarítmico para as amostras de pupunha crua e cozida

<b>Modelo Logarítmico</b>						
Amostras	Temperaturas	Parâmetros			R <sup>2</sup>	***X <sup>2</sup>
		A	c	k		
PIP*	50	0,810349	0,05845	0,020104	0,9830	9,42 x 10 <sup>-10</sup>
	60	0,863790	0,065240	0,029892	0,9896	1,11 x 10 <sup>-10</sup>
	70	0,794319	0,092486	0,037094	0,9733	3,85 x 10 <sup>-10</sup>
PCZP**	50	0,869018	0,030040	0,017263	0,9928	9,17 x 10 <sup>-10</sup>
	60	0,931528	0,019321	0,016729	0,9975	1,07 x 10 <sup>-10</sup>
	70	0,914348	0,028098	0,021895	0,9962	3,85 x 10 <sup>-10</sup>

\*Polpa *in natura* dos frutos da pupunha (PIP); \*\*Polpa cozida dos frutos da pupunha (PCZP). \*\*\*X<sup>2</sup>=Valores do qui-quadrado; a, c, k - Coeficientes do modelo.

Apêndice B2: Modelo empírico Henderson e Pabis para as amostras de pupunha *in natura* e cozida

<b>Modelo Henderson e Pabis</b>					
Amostras	Temperaturas	Parâmetros		R <sup>2</sup>	***X <sup>2</sup>
		a	k		
PIP*	50	0,832148	0,015589	0,9778	0,0117
	60	0,885643	0,022861	0,9809	0,0185
	70	0,805526	0,022808	0,9571	0,0181
PCZP**	50	0,884304	0,015491	0,9915	0,0073
	60	0,942957	0,015760	0,9971	0,0037
	70	0,929759	0,019889	0,9953	0,0053

\*Polpa *in natura* dos frutos da pupunha (PIP); \*\*Polpa cozida dos frutos da pupunha (PCZP). \*\*\*X<sup>2</sup>=Valores do qui-quadrado; a, k - Coeficientes do modelo.

Apêndice B3: Modelo empírico Aproximação de difusão para as amostras de pupunha *in natura* e cozida.

<b>Modelo Aproximação de difusão</b>						
Amostras	Temperaturas	Parâmetros			R <sup>2</sup>	***X <sup>2</sup>
		a	B	k		
PIP*	50	0,419097	0,099226	0,097168	0,9976	0,0018
	60	0,578863	0,146710	0,066430	0,9988	0,0010
	70	0,518271	0,085553	0,130340	0,9988	0,0016
PCZP**	50	0,298501	0,116776	0,099011	0,9998	0,0004
	60	0,197918	0,175139	0,075191	0,9997	0,0007
	70	0,253130	0,174737	0,089823	0,9997	0,0009

\*Polpa *in natura* dos frutos da pupunha (PIP); \*\*Polpa cozida dos frutos da pupunha (PCZP). \*\*\*X<sup>2</sup>=Valores do qui-quadrado; a, B, k - Coeficientes do modelo

Apêndice B4: Modelo empírico de Page para as amostras de pupunha crua e cozida

<b>Modelo de Page</b>					
Amostras	Temperaturas	Parâmetros		R <sup>2</sup>	***X <sup>2</sup>
		N	k		
PIP*	50	0,6146	0,0930	0,9976	0,0025
	60	0,6546	0,0940	0,9973	0,0025
	70	0,5413	0,1593	0,9971	0,0013
PCZP**	50	0,7128	0,0583	0,998	0,0024
	60	0,8363	0,0331	0,999	0,0015
	70	0,7999	0,0473	0,999	0,0014

\*Polpa *in natura* dos frutos da pupunha (PIP); \*\*Polpa cozida dos frutos da pupunha (PCZP). \*\*\*X<sup>2</sup>=Valores do qui-quadrado; n, k - Coeficientes do modelo.

Apêndice B5: Modelo empírico Silva et alli para as amostras de pupunha crua e cozida

<b>Modelo Silva et ali</b>					
Amostras	Temperatura	Parâmetros		R <sup>2</sup>	***X <sup>2</sup>
		a	B		
PIP*	50	0,0044	0,1116	0,998	0,0011
	60	0,0075	0,1155	0,999	0,0042
	70	0,0022	0,1699	0,997	0,0009
PCZP**	50	0,0079	0,0754	0,999	0,0003
	60	0,0119	0,0380	0,999	0,0002
	70	0,0135	0,0552	0,999	0,0003

\*Polpa *in natura* dos frutos da pupunha (PIP); \*\*Polpa cozida dos frutos da pupunha (PCZP). \*\*\*X<sup>2</sup>=Valores do qui-quadrado; n, k - Coeficientes do modelo.

Apêndice B6: Modelo empírico de Wang e Singh para as amostras de pupunha crua e cozida

<b>Modelo Wang e Singh</b>					
Amostras	Temperatura	Parâmetros		R <sup>2</sup>	***X <sup>2</sup>
		A	B		
PIP*	50	-0,008554	0,000016	0,6823	0,0940
	60	-0,010377	0,000023	0,6524	0,0926
	70	-0,013046	0,000038	0,5676	0,0911
PCZP**	50	-0,007766	0,000013	0,778	0,0865
	60	-0,009378	0,000020	0,914	0,0529
	70	-0,012248	0,000034	0,906	0,0518

\*Polpa *in natura* dos frutos da pupunha (PIP); \*\*Polpa cozida dos frutos da pupunha (PCZP). \*\*\*X<sup>2</sup>=Valores do qui-quadrado; n, k - Coeficientes do modelo.

**APÊNDICE C - GRÁFICOS DOS MODELOS MATEMÁTICOS (LOGARÍTMICO, HENDERSON DE PABI, APROXIMAÇÃO DE DIFUSÃO, PAGE, SILVA ET ALI E WANG E SINGH) PARA AS AMOSTRAS DE PUPUNHA CRUA E COZIDA NAS TEMPERATURAS DE 50, 60 E 70 °C**

Figura C1 – Gráficos do modelo logarítmico para as amostras (a) *in natura* (crua); para as temperaturas 50 (o), 60 (Δ) e 70 (□) e (b) cozida para as temperaturas 50 (o), 60 (Δ) e 70 (□)

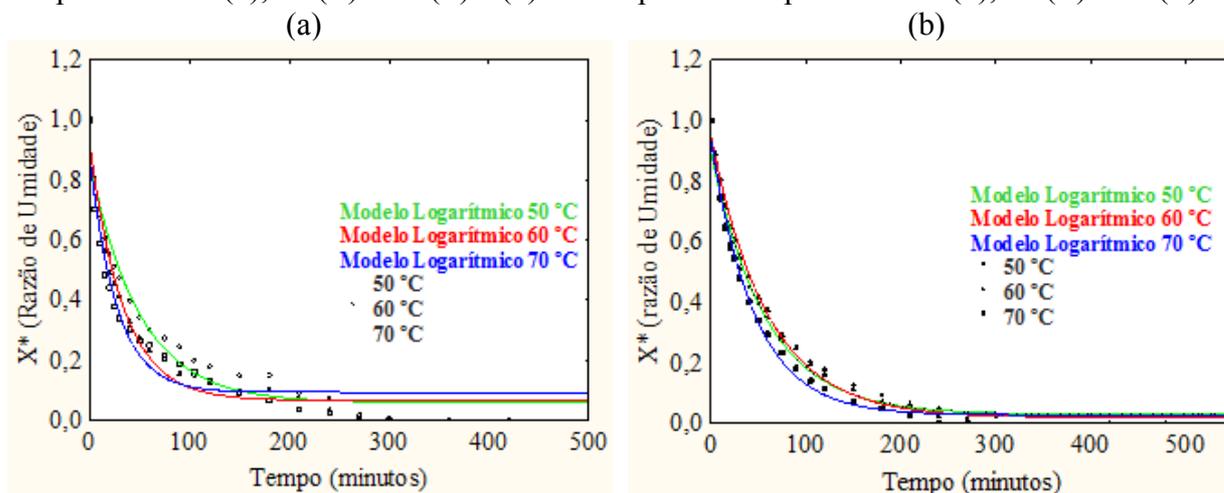


Figura C2 – Gráficos do modelo Henderson e Pabis para as amostras (a) *in natura* (crua); para as temperaturas 50 (o), 60 (Δ) e 70 (□) e (b) cozida para as temperaturas 50 (o), 60 (Δ) e 70 (□).

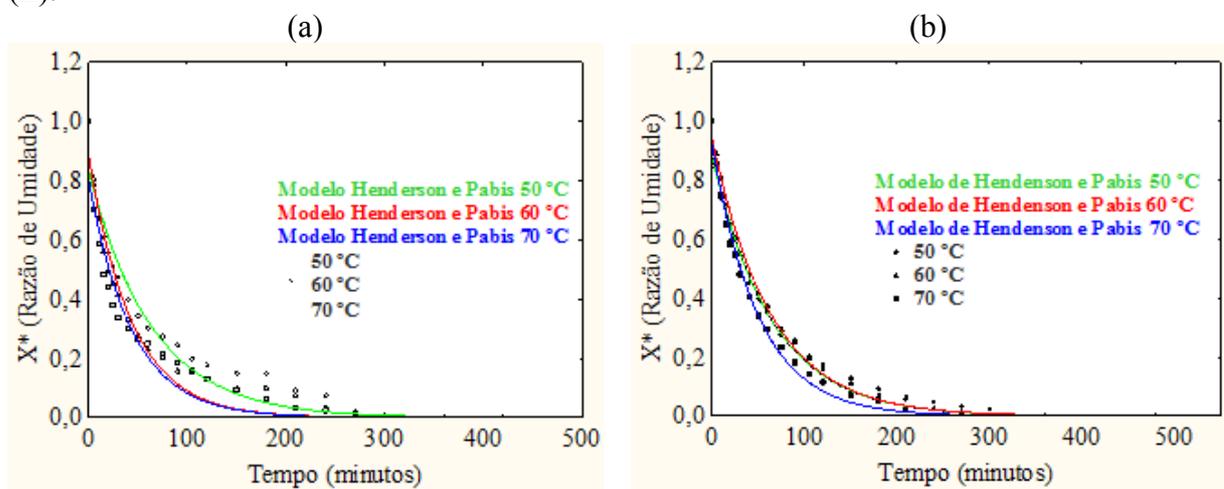


Figura C3 – Gráficos do modelo aproximação de difusão para as amostras (a) *in natura* (crua); para as temperaturas 50 (o), 60 ( $\Delta$ ) e 70 ( $\square$ ) e (b) cozida para as temperaturas 50 (o), 60 ( $\Delta$ ) e 70 ( $\square$ )

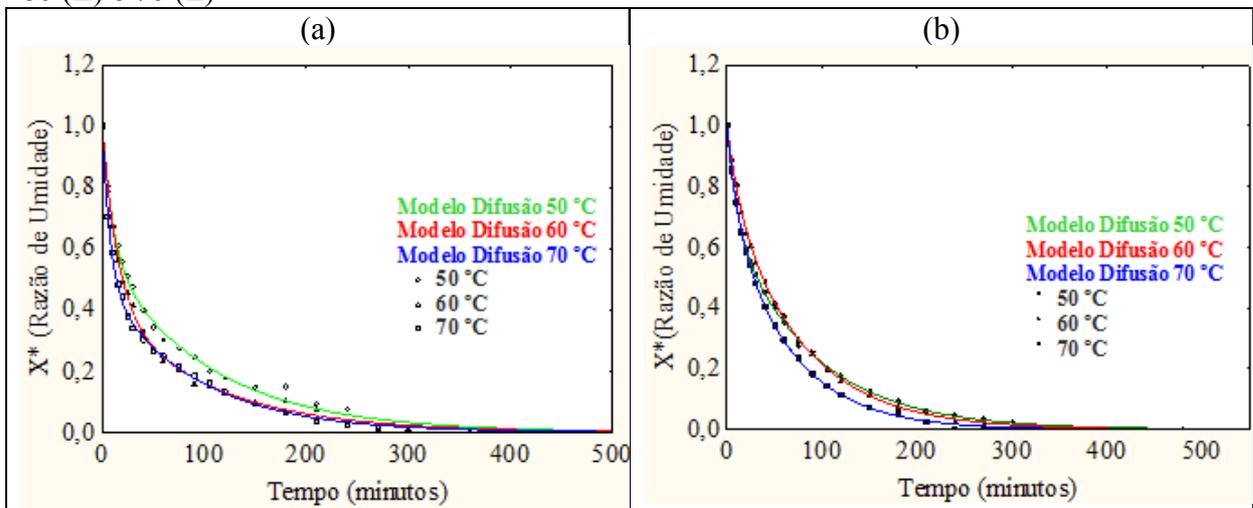


Figura C4 – Gráficos do modelo de Page para as amostras (a) *in natura* (crua); para as temperaturas 50 (o), 60 ( $\Delta$ ) e 70 ( $\square$ ) e (b) cozida para as temperaturas 50 (o), 60 ( $\Delta$ ) e 70 ( $\square$ ).

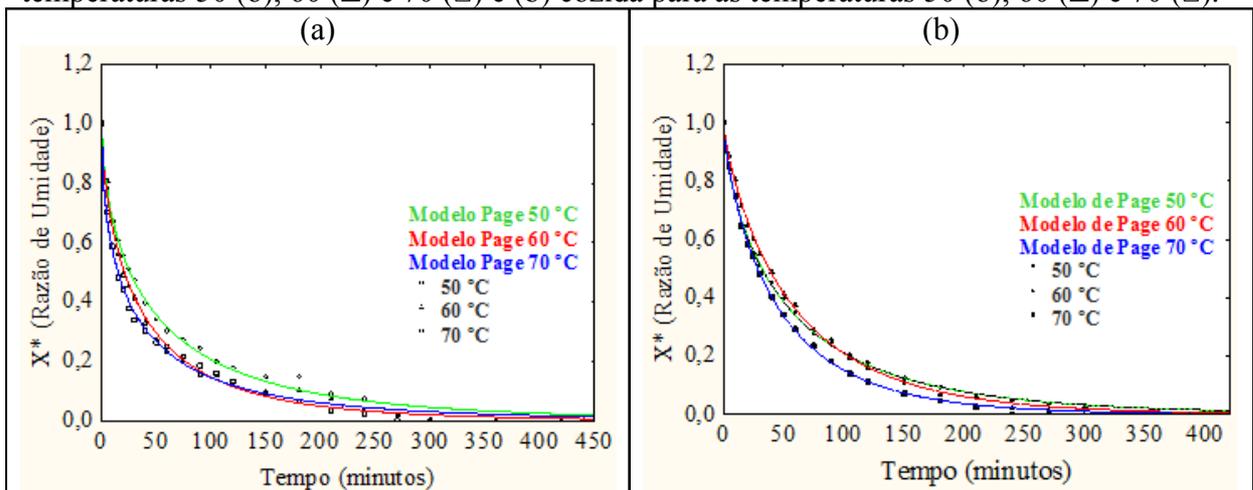


Figura C5 – Gráficos do modelo Silva et alli para as amostras (a) *in natura* (crua); para as temperaturas 50 (o), 60 (Δ) e 70 (□) e (b) cozida para as temperaturas 50 (o), 60 (Δ) e 70 (□).

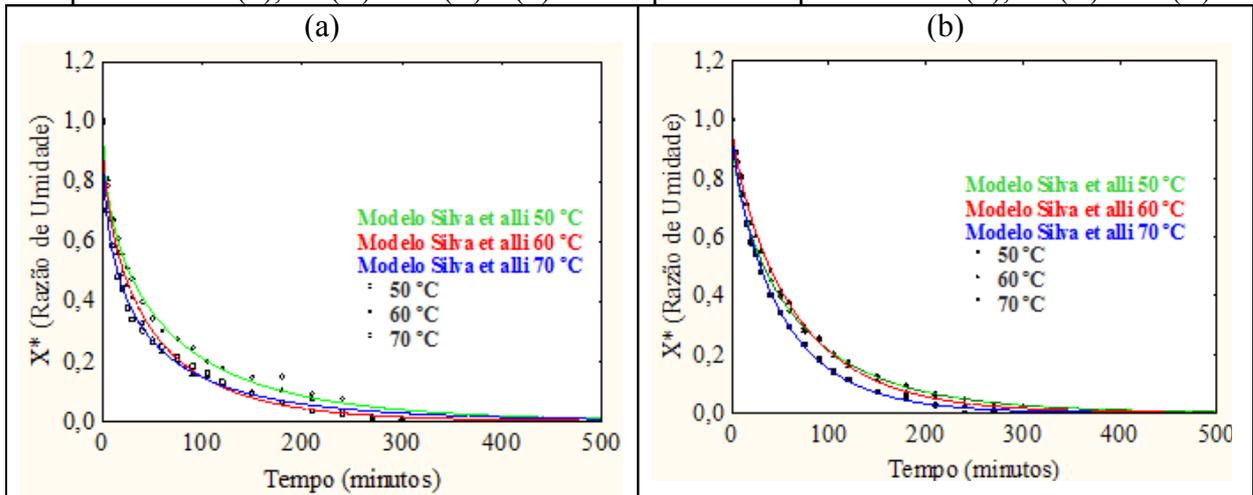
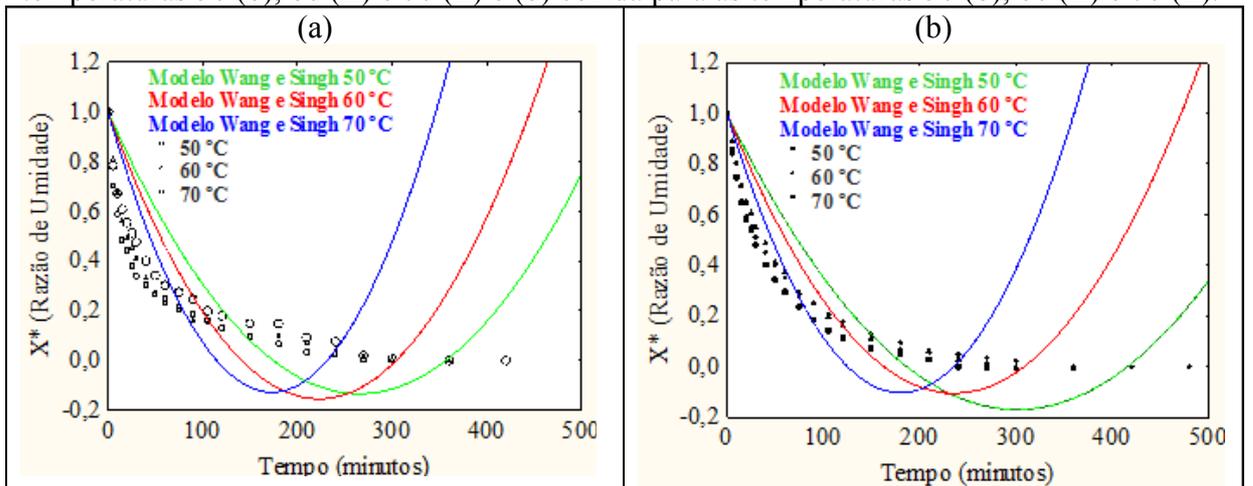


Figura C6 – Gráficos do modelo Wang e Singh para as amostras (a) *in natura* (crua); para as temperaturas 50 (o), 60 (Δ) e 70 (□) e (b) cozida para as temperaturas 50 (o), 60 (Δ) e 70 (□).



**APÊNDICE D - TABELAS ANOVA (ANÁLISE DE VARIÂNCIA) DA QUALIDADE DAS PASSAS DE PUPUNHA PARA AS AMOSTRAS DE PUPUNHA CRUA E COZIDA NAS TEMPERATURAS DE 50, 60 E 70 ° C**

Tabela D1: Análise de variância – Luminosidade (L\*)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT <sup>1</sup>	1	94.073472	94.073472	1083.560	0.0000
SEC <sup>2</sup>	2	116.624544	58.312272	671.654	0.0000
TRAT*SEC	2	166.184011	83.092006	957.073	0.0000
ERRO	10	0.868189	0.086819		

CV (%) = 0.56

Média geral:52.4238889

Número de observações:18

1= tipo de tratamento (amostra crua ou cozida); 2= temperatura de secagem; 3= Repetição

Tabela D2: Análise de variância – Intensidade de vermelho (+ a\*)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT <sup>1</sup>	1	96.142222	96.142222	10798.453	0.0000
SEC <sup>2</sup>	2	44.680633	22.340317	2509.208	0.0000
TRAT*SEC	2	26.031078	13.015539	1461.873	0.0000
ERRO	10	0.089033	0.008903		

CV (%) = 0.53

Média geral:17.8500000

Número de observações:18

1= tipo de tratamento (amostra crua ou cozida); 2= temperatura de secagem; 3= Repetição

Tabela D3: Análise de variância – Intensidade de amarelo (+ b\*)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT <sup>1</sup>	1	1254.504050	1254.504050	11023.223	0.0000
SEC <sup>2</sup>	2	31.314178	15.657089	137.578	0.0000
TRAT*SEC	2	97.960000	48.980000	430.383	0.0000
ERRO	10	1.138056	0.113806		

CV (%) = 0.80

Média geral:42.1705556

Número de observações:18

1= tipo de tratamento (amostra crua ou cozida); 2= temperatura de secagem; 3= Repetição

Tabela D4: Análise de variância – Teor de umidade

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT <sup>1</sup>	1	89.033837	89.033837	948.633	0.0000
SEC <sup>2</sup>	2	81.303880	40.651940	433.136	0.0000
TRAT*SEC	2	0.608989	0.304495	3.244	0.0820
ERRO	10	0.938549	0.093855		

CV (%) = 3.26  
Média geral:9.3914556  
Número de observações:18  
1= tipo de tratamento (amostra crua ou cozida); 2= temperatura de secagem; 3= Repetição

Tabela D5: Análise de variância – Atividade de água (Aa)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT <sup>1</sup>	1	0.095048	0.095048	943.665	0.0000
SEC <sup>2</sup>	2	0.066861	0.033430	331.907	0.0000
TRAT*SEC	2	0.012484	0.006242	61.974	0.0000
ERRO	10	0.001007	0.000101		

CV (%) = 2.56  
Média geral:0.3925556  
Número de observações:18  
1= tipo de tratamento (amostra crua ou cozida); 2= temperatura de secagem; 3= Repetição

Tabela D6: Análise de variância – Flavonoides

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT <sup>1</sup>	1	12.588489	12.588489	5.707	0.0380
SEC <sup>2</sup>	2	29.013453	14.506727	6.576	0.0150
TRAT*SEC	2	452.658411	226.329206	102.600	0.0000
ERRO	10	22.059427	2.205943		

CV (%) = 5.27  
Média geral:28.1970556  
Número de observações:18  
1= tipo de tratamento (amostra crua ou cozida); 2= temperatura de secagem; 3= Repetição

Tabela D7: Análise de variância – Antocianinas

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT <sup>1</sup>	1	4.688943	4.688943	33.461	0.0002
SEC <sup>2</sup>	2	2.629168	1.314584	9.381	0.0051
TRAT*SEC	2	77.729414	38.864707	277.340	0.0000
ERRO	10	1.401336	0.140134		

CV (%) = 8.65  
Média geral:4.3276111  
Número de observações:18  
1= tipo de tratamento (amostra crua ou cozida); 2= temperatura de secagem; 3= Repetição

Tabela D8: Análise de variância – Clorofila

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT <sup>1</sup>	1	0.000556	0.000556	18.519	0.0016
SEC <sup>2</sup>	2	0.007233	0.003617	120.556	0.0000
TRAT*SEC	2	0.000078	0.000039	1.296	0.3158
ERRO	10	0.000300	0.000030		
CV (%) = 27.39					
Média geral:0.0200000				Número de observações:18	
1= tipo de tratamento (amostra crua ou cozida); 2= temperatura de secagem; 3= Repetição					

Tabela D9: Análise de variância – Carotenoides

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT <sup>1</sup>	1	0.000006	0.000006	1.000	0.3409
SEC <sup>2</sup>	2	0.000211	0.000106	19.000	0.0004
TRAT*SEC	2	0.000211	0.000106	19.000	0.0004
ERRO	10	0.000056	0.000006		
CV (%) = 8.00					
Média geral:0.0294444				Número de observações:18	
1= tipo de tratamento (amostra crua ou cozida); 2= temperatura de secagem; 3= Repetição					

**APÊNDICE E - TABELAS ANOVA (ANÁLISE DE VARIÂNCIA) DAS BARRAS DE CEREAIS FORMULADAS DE ACORDO COMO O PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.**

Tabela E1: Análise de Variância (ANOVA) das barras de cereais - Proteína

<b>PROTEÍNA</b>					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado	F Tabelado
Regressão	19,4369	3	6,4790	43,3559	9,28
Resíduo	0,4483	3	0,1494		
Falta de ajuste	0,44764	1	0,4476	1336,2388	18,51
Erro puro	0,00067	2	0,0003		
Total	19,8852	6		R <sup>2</sup> =	0,9775

Tabela E2: Análise de Variância (ANOVA) das barras de cereais – Valor energético

<b>VALOR ENERGÉTICO</b>					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado	F Tabelado
Regressão	327,4373	3	109,1458	10,3073	9,28
RESÍDUO	31,7674	3	10,5891		
Falta de ajuste	30,65180	1	30,6518	54,9512	18,51
Erro puro	1,11560	2	0,5578		
Total	359,2047	6		R <sup>2</sup> =	0,9116

Tabela E3: Análise de Variância (ANOVA) das barras de cereais – Força

<b>FORÇA</b>					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado	F Tabelado
Regressão	13694,5900	2	6847,2950	5,8514	6,94
Resíduo	4680,8200	4	1170,2050		
Falta de ajuste	4580,56	2	2290,2800	45,6868	19,00
Erro puro	100,26	2	50,1300		
Total	13794,85	6		R <sup>2</sup> =	0,993

Tabela E4: Análise de Variância (ANOVA) das barras de cereais – Firmeza

<b>FIRMEZA</b>					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F <sub>calculado</sub>	F <sub>Tabelado</sub>
Regressão	16676,4900	2	8338,2450	3,1388	6,94
Resíduo	10626,0000	4	2656,5000		
Falta de ajuste	10536,6	2	5268,3000	117,8591	19,00
Erro puro	89,4	2	44,7000		
Total	16765,89	6		R <sup>2</sup> =	0,995